

第七届全国设备管理
第八届全国设备维修与改造
学术会议论文集

设备管理、监测诊断及维修改造

中国机械工程学会设备与维修工程分会 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

奥地利喜耐 HIRNER 环保、节能的创新固体润滑产品简介

二硫化钼 MoS2 作为性能优良的固体润滑材料几十年来已在许多场合得到成功应用，奥地利喜耐公司创新性地开发了以下产品：1)减磨块（减磨润滑块、减磨防滑块）；2)减磨润滑膏；






以固体块状持续压力接触摩擦面成膜（减磨块）与流动输送到被润滑点固化成膜（减磨膏）两种方式工作,使二硫化钼 MoS2 的应用更具优势,实现了多重的节能降耗，并可有效地保护环境。

减磨块特别适合应用于如滚轮、回转环、支撑及驱动滚轮、回转炉、干燥设备、磨碎机、行车及各种轨道输送设备上（如立体仓库）的压力滚轮、索道设备上的换向轮、火车头及机车车轮、摩擦驱动轮、特殊工况下的链传动、滑动表面等等。

沥青搅拌设备




机车轮缘轮轨




工程机械



沥青干燥转窑




石膏转窑




立体仓库



起重设备轮缘滑轨






垂直运输设备



不含油脂的“流动”的减磨润滑膏 Molytrop®可用润滑枪,或用润滑压力杯，或在中央润滑装置(3 巴即够)中，包括适合低温喷射,对润滑点进行独立润滑,输送到润滑点后会马上固化成膜,迅速减缓摩擦副之间的摩擦磨损。可以用于减磨块无法润滑，或油脂无法润滑的场合。

通过与欧洲、德国、奥地利的众多设备制造商的紧密合作，喜耐 hirner 的减磨块与减磨膏广泛应用于各类工业企业的相关设备中，可为你的设备运行提供简便实用、性能卓著、节能环保的润滑方案。

欢迎各位朋友来信来电垂询！

富新润滑保养技术应用服务部（上海富示科机电设备有限公司）

电话：021-51096963；邮件：fusin09@sina.com,hirnercn@163.com

国外先进润滑保养技术合作推广

--奥地利喜耐 HIRNER 固体润滑

--微量润滑、微量切削润滑

--油品质量在线监测；等等

润滑保养应用技术服务

--润滑应用技术疑难问题分析与处理

--润滑故障（事故）分析与处理

--润滑保养应用技术培训

无油、无脂“流动性”固体润滑剂--Molytrop®润滑膏



第七届全国设备管理
第八届全国设备维修与改造学术会议论文集

设备管理、监测诊断及维修改造

中国机械工程学会设备与维修工程分会　编



机械工业出版社

在国家节能减排等大政方针的指导下，设备管理、设备维修与改造、设备故障监测与液压润滑技术得到了较大发展。针对国内生产企业的技术发展和需求，中国机械工程学会设备与维修工程分会组织全国机械、冶金、航空、石化、电力、交通等行业技术人员，交流总结实践经验、探讨新技术新方法，指导实际工作。

本书在于开拓知识面，推广新技术、新经验、新方法，理论联系实际，极具交流和推广价值。本书是中国机械工程学会设备与维修工程分会组织的第七届全国设备管理 第八届全国设备维修与改造学术会议论文集，共分三部分，即设备管理，设备监测与诊断，液压润滑、更新改造及维修。共收集60篇论文。

本书可供装备制造业的相关企业、科研院所、专业院校的技术人员和师生参考学习。

图书在版编目（CIP）数据

设备管理、监测诊断及维修改造：第七届全国设备管理、第八届全国设备维修与改造学术会议论文集/中国机械工程学会设备与维修工程分会编．—北京：机械工业出版社，2013.11

ISBN 978-7-111-44466-4

Ⅰ.①设…　Ⅱ.①中…　Ⅲ.①设备管理－学术会议－文集②机械维修－学术会议－文集　Ⅳ.①F273.4－53②TH17－53

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第247344号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号　邮政编码100037）
策划编辑：沈　红　责任编辑：沈　红
版式设计：霍永明　责任校对：刘雅娜
封面设计：姚　毅　责任印制：李　洋
北京华正印刷有限公司印刷
2013年11月第1版第1次印刷
184mm×260mm·13.75印张·447千字

标准书号：ISBN 978-7-111-44466-4
定价：88.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务	网络服务
	策划编辑（010）88379778
社服务中心：（010）88361066	教材网：http：//www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294	机工官网：http：//www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649	机工官博：http：//weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203	**封面无防伪标均为盗版**

编 委 会

顾　　问： 高金吉　邢　敏

主　　任： 徐小力

副主任： 杨申仲（常务）　张来斌　刘林祥　孙大淼　王红军　洪孝安

编　　委：（以姓氏笔画为序）

马　彪　王　麒　王永洲　刘景元　肖　颖　陈　庞　敖立文　许宝杰　梁　伟　范　靖　李东进

主　　编： 徐小力　杨申仲

副主编： 王红军　刘景元

前　　言

在国家节能减排等大政方针的指导下，设备管理、设备故障监测与诊断及设备维修与改造得到了较大发展。针对国内生产企业的发展和需求，中国机械工程学会设备与维修工程分会组织机械、冶金、航空航天、石化、电力、交通等行业技术人员，交流总结实践经验、探讨新技术新方法，指导实际工作，汇成了《第七届全国设备管理　第八届全国设备维修与改造学术会议论文集——设备管理、监测诊断及维修改造》一书。

中国机械工程学会设备与维修工程分会决定于2013年12月召开第七届全国设备管理　第八届全国设备维修与改造学术会议，并于2013年2月上旬发出征文通知。本书共汇集自全国机械、冶金、有色、汽车、石油、化工、电力、钢铁、机车、能源、核电、轻工、兵器、航空航天等行业的企业、高校、研究院所及学会、协会等应征论文60篇。其中，设备管理32篇，设备监测与诊断10篇、液压润滑、更新改造及维修18篇。

在编审过程中，对有些论文原著进行了删改。由于时间仓促，修改以后未能返回作者征求意见，如有不当之处，请作者予以指正。

本论文集出版得到北京信息科技大学、上海宝欧自动化有限公司、上海富示科机电设备有限公司的大力支持；在论文的编辑加工工作中，得到《设备管理与维修》杂志社的大力支持，在此，对热心学会工作，组织、推荐、撰写和编辑加工论文的同志表示衷心感谢！

中国机械工程学会设备与维修工程分会

2013年10月

目　　录

前言
一、设备管理 …… 1
运用全员预防维修思想，解析冲压领域产能不足问题　陈　刚　张洪元 …… 1
设备综合能力指数 CMK 在焊装线的应用初探　戴　竞 …… 6
轧辊表面裂纹及辊面小剥落成因及处理方法　陈　磊　李永昌　王　宾　王　军　董坤坤 …… 8
企业设备维修备件管理综述　赵维印 …… 10
加强油田设备管理，助力企业科学发展　田洪霞 …… 15
实现热连轧机负荷分配与优化模型的板形控制研究　杨兴辉　刘超伟　王苏州　韩祯祥　孟晓亮 …… 17
浅析影响装载机油耗的因素　梁开武　王荣忠 …… 21
离心增压注水泵在吉林油田乾安区块的应用　王俊福　李洪洌　胡长悦　高云义 …… 24
电能质量分析及治理研究　俞忠民 …… 28
提高设备检修质量的应对措施　牛延铎 …… 33
浅谈化工设备管理的新思路和新方法　常世芳 …… 36
谈设备引进前期管理的创新研究与应用　葛晓森　巩建敏 …… 38
机泵联轴器对中测量与机宜鉴识应用　郑　炘 …… 40
巧装星箭杠杆式气动截止阀　常世芳 …… 44
高炉泡沫渣成因、影响及预防措施　崔　春 …… 46
非制造业生产车间库房资材的佳状仓储　郑　炘 …… 49
保障机械设备使用收益递增的途径　郑　炘 …… 52
浅谈杜尔加注机冷媒加注系统　杨　健 …… 55
PROFINET 工业以太网总线在 RGV 上的应用　徐　勇 …… 60
预知维修在钢厂设备维修中的应用　聂崇瑞　聂东宁 …… 66
因联接螺栓缺失导致施工升降机受力不平衡产生的倒塌事故　李芳龙　余国意 …… 69
强化岗位点检，有效提升设备管理水平　乔玉华 …… 72
对冶金企业备件国产化的思考　聂崇瑞　聂东宁 …… 75
三表对中方法的实际应用与优化　田　亮 …… 77
精细化工行业设备管理模式探索　李朝阳 …… 80
钢卷包装打捆机固定刀片失效分析与预防　赵　琦　于立祥 …… 82
正确使用离心泵　保障供水站的稳定运行　杨国彬 …… 85
浅议离心泵的机械密封与填料密封　马志刚 …… 88
以机旁备件管理为中心的物资管理系统　段立迎 …… 91
不二越电源电路测绘与原理分析　陈　刚 …… 95
点检精细化、实效化的对策与方法实践探讨　陈　刚　徐　勇 …… 101
进口板坯燃气切割程控气动阀门技术研究与维修　徐　达 …… 107
二、设备监测与诊断 …… 109
高速数控机床电主轴系统故障机理及诊断　徐小力　孟玲霞　王西彬　陈　鹏 …… 109
港口设备故障诊断系统的开发与应用　李　强　荆鸿超　赵　玮 …… 115
油漆车间风机振动故障分析与处理　王　平 …… 117

西门子 6SE70 变频器在热轧带钢传动控制中常见问题分析　朱建强　常茂斌　吴小平　徐亚军　张　敏 … 120
基于归一化复杂度的往复式压缩机排气阀故障诊断　董作一　王华庆 …… 124
滚动轴承外圈故障的显式动力学仿真与振动特征分析　崔　静　王华庆 …… 127
钛离心风机故障诊断及排除　刘尚才　胡　涛 …… 130
四轮定位仪 x－3Dprofile 激光传感器原理解析　张宗礼 …… 133
线材轧机的简易故障诊断方法研究　罗新发　赵向丽 …… 140
丙烷压缩机状态评估和寿命预测　刘稚钧 …… 144
三、液压润滑、更新改造及维修 …… 148
热连轧线液压活套控制的技术改进　董坤坤　王慧凯　郭万胜　陈金伟　张小亮 … 148
道法自然的微量切削润滑工艺　李东进 …… 151
同步电动机集电环电灼伤故障分析及处理　朱传磊　徐亚军　于经国　曹丕磊　王　蒙 … 153
热轧卷取机卷筒故障分析及修复　王　宾　王　军　赵　杰　陈金伟　王慧凯 … 157
IMS 平直度仪的常见故障及处理　徐亚军　朱传磊　曹丕磊　王　蒙　王朝兵 … 160
连铸拉矫机液压系统漏油监测及防控　唐易荣 …… 164
浅析触摸屏、编码器在刨床电气改造上的应用　李水山 …… 167
锅炉多级泵的优化选型和节能改造　刘剑祥 …… 169
谈中心传动浓密机的优化设计和节能改造　刘剑祥 …… 171
混匀物料输送带减速装置的改造　王明江 …… 173
拉矫机液压系统断流阀的研究使用　丁　晨 …… 176
分体式智能塑壳断路器在油田矿区配电网设备改造中的应用　郭景礼　陈寿新 …… 179
智能退磁技术在过程优化与设备改造中的应用　李东进 …… 182
气动剪板机离合器改造　罗相文 …… 186
钢渣热闷作业用挖掘机的改进　吕启锋 …… 191
独立机泵组传动系统问题分析与改造　赵晓凯　程永升　吕　永　赵跃佳 …… 196
涂胶自动线的开发和应用　张拂晓 …… 202
润滑经济的一次成功实践　顾永其 …… 209

一、设 备 管 理

运用全员预防维修思想，解析冲压领域产能不足问题

陈　刚　张洪元

（130012　一汽轿车股份有限公司技术部）

摘　要：公司冲压领域产能不足，有效冲程仅在6左右，落后于国内先进汽车企业水平，对生产产能的提升形成制约。为了有效提升冲压领域的产能，运用设备全员预防保全的思想和工具方法，对该领域进行了深入的调查和分析，并形成技术报告。报告指出了冲压领域目前存在的主要问题，并为后续改进提出了许多有益而且可行的建议。

关键词：冲压　有效冲程　全员预防　管理工具　标准化

1　从数据看现状

（1）生产停台情况

1）设备情况。对2013年1～4月的停机数据进行了前10位排序统计，结论是：A线拆垛站、机械手、移动工作台、液压拉伸垫四大类故障占总停台的59.5%；同样B线的前四大类故障占总停台的73.6%。

2）模具情况。停台约占日历时间的15%～16%，大概是设备4倍左右。

（2）有效冲程情况　拿到了近几年的有效冲程数据（表1），选择比较有代表性的一年。以A线为例，从表2中数据就可以看出，我们利用的时间在50%上下。

表1　2010年A、B线有效冲程

冲程	月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
A线 5.22	目标	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	实际	4.61	5.01	5.15	4.99	5.49	5.15	5.53	5.38	5.65	0.00	0.00	0.00
B线 6.43	目标	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
	实际	5.63	6.79	6.57	6.6	6.26	5.93	6.73	6.85	6.54	0.00	0.00	0.00

表2　A线时间消耗比例表（9月，日历时间44640min，有效冲程5.65）

时间分类（按24h三班）				时间/min	百分率（%）
计划休息				4456	9.98
生产总时间 90.02%	技术部调试			2314	5.18
	计划检修			5615	12.57
	可利用时间 72.77%	停台时间 29.17%	换模时间	1781	3.99
			计划停台	1423	3.19
			车间调试	0	0.00
			设备故障	2797	6.26
			模具故障	6237	13.96
			生产停台	413	0.92
			外网停台	0	0.00
			板料停台	353	0.79
			叉车废料车	25	0.06
		实际生产时间		19252	43.10

2 存在问题

（1）设备、工装的现地现物问题

1）设备、工装存在顽固性重复停机：①如拆垛站、机械手、移动工作台；②清洁度或板料质量相关问题，废料相关的堵废料、压痕，表面坑、褶皱、撕裂等模具相关问题。

2）工装现场存放管理。以模具为例，存在如下现象（图1）：①存放场地开放，环境垃圾、粉尘没有防护措施；②模具带残余废料码放，搬运过程中可能掉进型面；③生活垃圾；④模具外表面脏，有油污、灰土、铁屑。好比要保护一个人的眼睛，只保护眼珠，却满身尘土是绝对不行的。模具型面和压制件要保证不出现脏点、拉毛、压痕，现场清洁度是必要条件之一，而不是光靠清洗。

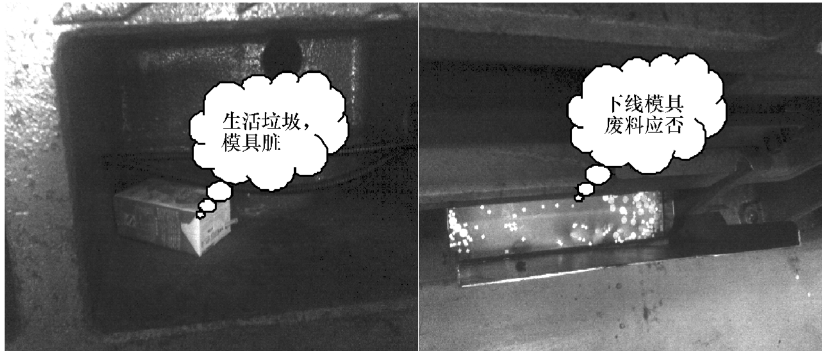


图1 模具现场

3）料片现场存放管理。料片管理也反应诸多问题（图2）：①现场看到相当一部分的料片表面有油污、灰尘、铁屑；②有明显油污、泥土的脏木棒被用来压板料；③板料存放在天车移动路径下，模具吊运时，废料、污物掉落到板料上；④存放板料的托盘有明显污垢。

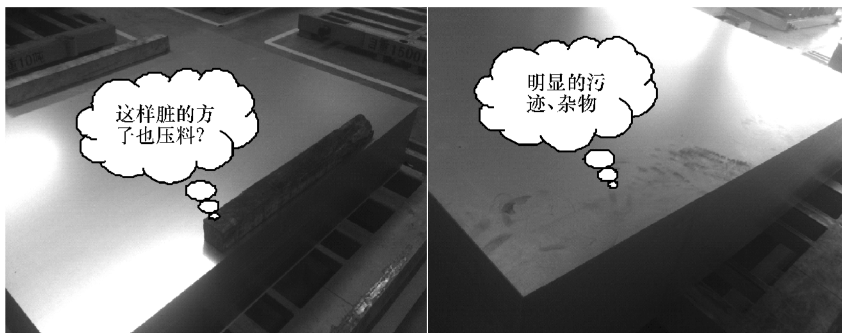


图2 板料现场图片

部分脏点、压痕停台应该和板料污染有关。当然，板料也有来料质量问题，但不能掩盖自身的管理问题。佛家“本来无一物，何处惹尘埃”的修为境界显然比“时时勤拂拭，勿使惹尘埃”高，模具、料片、端拾器管理也一样。

（2）管理方法 冲压领域管理主要在如下三方面需要提升：

1）现地现物管理体系主要的问题是缺少一个现地现物的、严谨的管理体系，这个体系包括针对某个具体现场过程的流程、规范、标准、方法，以支撑项目过程和大部分现场实物管理有序、高效，对生产影响最小。从项目人员的讲述可知，遇到问题临时拆招的打法多，相反指导现场过程的套路式打法（流程、规范）少。

2）标准化的沉淀。随着项目的不断更迭，每做一个新车型，都应有一系列沉淀。这些沉淀既包括技术方法，也包括管理方法。具体来讲是：①典型现场实物作业过程的作业标准（作业要领书、标准工艺卡），如清擦、换模、模具/端拾器整备、设备操作等凡是重复性的作业都可以编制。它不仅限于量产后的生产，也包括调试、维修等非定常作业。②项目的过程管理规范，比如模具/端拾器/料片上线前的整备、存放、验收和自动化参数管理，以及调试预案。这些随项目的重复而积累和完善。有了这些积累，通过培训和横展，就可以快速地让新人掌握最基础的规则和技能，而不是每个项目都从零起步。

3）问题的处理方法：设备、工装出现问题是不可避免的，但可以在处理方法上找到规律性的东西，从而把问题处理时间缩到最短和控制同类问题的复发。

技术人员，在问题面前“不知道”“有可能”“估计是”之类的语言太多，面对问题追求真因，应该是一种自觉的工作习惯。

3 管理对策（10 点建议）

建议通过如下工作的落实，建立支持项目的现地现物的过程管理体制。

（1）前期过程管理　建立冲压领域项目管理流程，至少包括如下过程：

1）技术要求/协议（建议 1）。针对项目过程责任不清、厂家紧张度不足问题技术要求/协议需作如下完善：①设备、工装技术要求/协议标准模板；②订货分类标准，尽量量化并严格执行。

2）由“交棒式”到“伴跑式”的项目过程合意制度（建议 2）。针对项目交付慢的问题，建立项目过程管理合意制度，在关键节点，由相关部门提前确认、合意。节点可以包括：技术要求、定标、图样会签、预验收、到厂实物接收、安装质量确认、TTO（PP、MP）确认、终验收等。每个节点都要有如下文件存档：①问题清单及整改计划；②合意会签单。

合意制度把在终验收节点的“交棒式”管理转变为工厂的“伴跑式”管理，每个节点合意只确认前一次问题的整改结果和本阶段新的问题，而不翻老账（关键问题除外）。做到个个节点不欠账，一次交验合格率有望明显提升。

3）严格的计划/风险前置管理及目视化（建议 3）。生产准备大多没有公开目视化的计划管理，“计划”控制在项目人员脑子或电脑里，由于人员的经验各不相同，容易造成失控。建议：①每个项目都要编制全过程的滚动计划；②关键项目计划及进度要目视出来，经理人员例行点检；③计划编制时，对风险要进行识别、标注和对策，过程中关注；④过程中要不断识别变化点，在不影响整体进度的基础上，平衡计划。

4）重要项目调试有调试预案（建议 4）。为减少调试对生产的停机，重要调试应推行预案方法。有些项目调试由于准备不充分，造成停机损失。比较复杂的调试过程应有调试预案，把方案做到最优，停机降到最少。调试预案包括调试计划时间、节拍、工装/板料上线前的整备、配合人员、资源准备、危险源识别、设备状态确认、4S 等。可以做一个简单的表格，项目人员花 10～30min 确认。

5）内/外部验收区分（建议 5）。实际情况中，用户不愿意验收，是由于担心一旦验收了，生产厂家就不再管了，停台指标却考核用户。在存在一些非原则问题的前提下，能不能区别内/外部验收？即用户先接收并管起来，但对外不验收，期间生产使用部门按责任承担停台。

（2）现场管理——现地现物体系（建议 6）　为细分关键工艺过程，少犯重复错误，应建立现地现物的保证体系。这对重要的不易受控的工序过程（不是所有过程都做）有重要意义。以板料为例，可以包括：①场地标准：如何与污染源隔离；②定置存放、托盘的管理标准；③清洁度保证标准及记录：场地环境、料片保洁、托盘保洁、允许裸放时间、休假管理、人员管理等；④长期存放的定期整备标准及记录；⑤上线前整备；⑥上线条件和标准：如清洁度、完好性、码垛状态；⑦厂家生产过程管理等。

（3）调试问题（故障）分析方法　在遇到调试问题时，经常分析不透，因而影响问题解决的进度。

1）推行防止问题（故障）复发的九步法（建议 7）。维修领域推行的“故障再发生管理九步法”可以借鉴：①现状把握；②真因分析：由表及里连问五个为什么（5W 方法）；③根据真因制定对策；④实施改善；⑤效果验证；⑥横向展开：对同类结构的设备或工装加以改进；⑦标准化；⑧OPL：比较复杂的内容，做成单点课件；⑨拓展培训。

2）在项目过程中运用 TOP10 方法（建议 8）。定期根据生准项目数据积累，对影响程度（时间或频次）排序，取前十大问题进行重点对应。根据精力，也可以重点解决前 3、5 项等问题。依据二八法则，前 20% 的问题可能造成 80% 的影响，所以 TOP10 方法是解决问题的捷径。

3）问题消项跟踪计划（建议 9）。对待问题最怕的是不追踪，仅仅在会议上说说可能的原因，问个对策。建议主要的问题落实到书面计划，并在会议/目视板上跟踪解决进程。

（4）标准化——解决人员能力持续提升问题（建议 10）　每做一个车型项目，都有可以沉淀的东西，它可以分为两类：一类是项目档案，收纳技术文件、技术协议、项目计划、验收文件、货物清单、调试记录、图样资料等，这些是项目原资料，用于追溯；一类是标准，比如项目管理流程、规范、技术标准、调试预案、作业要领书、整备标准、检验标准、OPL 课件等，这些是经验的积累，用于核心技术提升和传承。

大家比较注意第一类的沉淀，其实第二类才是经过需深度理解和转化的，技术财富传承的重要方式。

4　技术对策（3 点建议）

（1）劣化模式分析攻关，把典型问题消除在生产准备中（建议 11）　成立攻关组，查找和分析典型的顽固性问题模式。比如脏点、堵废料、表面坑、褶皱等。通过对问题形成的物理、化学等的机理分析，进行立项攻关，尽量把问题消除在生产准备中。

以丰田工厂的轴承失效分析为例，他们把轴承的失效归纳为鳞片、划痕、粘咬、磨损、锈蚀、压痕、裂纹、烧熔、蠕变、电腐蚀、微振磨损等多种形式，并分别对策（图 3）。

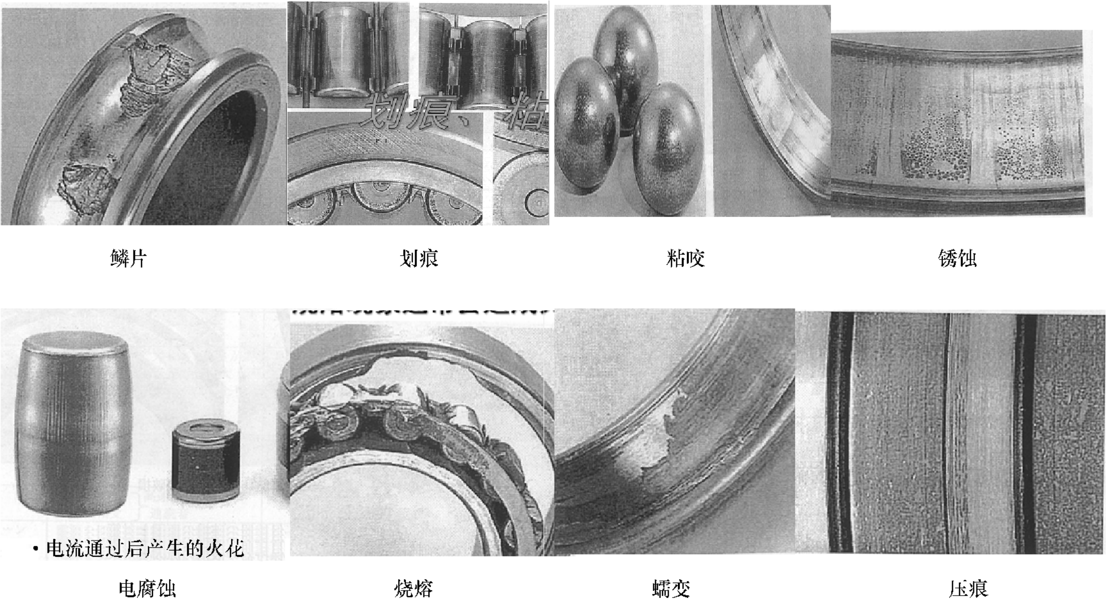


图 3　轴承失效模式

（2）服役期设备/模具定期进行趋势分析，找出瓶颈，循环提升（建议 12）　对服役期设备运用 TOP10 方法，解决关键性问题。

（3）引进状态监测技术（建议 13）　很多贵重的备件，不可能绝对杜绝损坏，又储备不起，一旦坏了，将造成重大停线。可以把部分寿命较长且有趋势性劣化规律的备件不储备，但要做定期状态监测，然后根据监测记录，识别何时储备备件，何时更换。这要进行必要的投入，如用于油质监测的油质分析仪、重要电动机监测的电动机检测仪、轴承等监测的振动分析仪等，但阻止一次重大故障，少储备一两个备件，这个费用就找回来了。

建议对现场需要监测的项目进行识别，然后买入监测设备，建立状态维修流程、标准和记录表单，在冲压领域试运行。

5　工艺人员学会运用常用的管理/技术工具（建议 14）

为了提升工艺人员对工作的管理能力，建议大家学会自觉运用一些管理/技术工具，形成习惯。如问题再发生防止的九步法、作业预案、TOP10 方法、失效分析、现地现物、5W 分析方法等。

6　结束语

只要长期坚持“复杂的问题简单化，简单化的问题标准化，标准化的问题持续化”的原则，每做一个项目就会有一次提高。好比 PDCA 循环，一个循环比一个循环高，且不断提升。这如同在上台阶，只能越走越高，使每个项目都有一个更高的起点。

设备综合能力指数 CMK 在焊装线的应用初探

戴　竞

（241006　奇瑞汽车股份有限公司规划设计一院）

摘　要：重点介绍设备综合能力指数 CMK 对焊装生产线评价的影响，在一个生产线建设完成后，目前通用的方法是利用三坐标对夹具坐标的测量。但这种方法只能检查单个夹具尺寸，无法判断有系统变差对车身尺寸的影响。而最后的结果应是一个合格车身和稳定的生产系统，那么如何判断整个生产过程能力能否达到要求，这是 SPC 控制方法下设备综合能力指数 CMK 所研究的目的。通过 SPC 控制理论，对控制图产生变差的差异性的分析，从而找出产生变差的真正原因。

关键词：CMK　系统变差　SPC　控制图　点　偏离

CMK 是设备综合能力指数，用来评价整个生产线设备的综合能力的指标。在一个生产线建设完成后，目前通用的方法是利用三坐标对夹具坐标进行测量。但这种方法只能检查单个夹具尺寸，无法判断有系统变差对车身尺寸的影响。如何判断整个生产过程能力能否达到要求，这是 SPC 控制方法下设备综合能力指数 CMK 所研究的目的。

在一个车身制造过程中，可以选定某车型在总拼工位的最关键性的尺寸作为研究对象，选定的尺寸对车身质量有重要影响，通常选择总拼工位左右侧围 Y 向尺寸，因为该尺寸最直接影响备门、尾灯、顶盖、翼子板的匹配间隙。

首先选定数据组，通常选择 25 组数据，而每组数据又含 5 组数据（通常叫做子组数据），合计要采集 125 组数据，也就是通过对 125 辆的数进行采集。（具体的采集计算机控制图方法不在这里详细说明）。

CMK 设备能力调查的数量不少于 125 件，特殊情况采用的方法是不调整夹具，没有设备参数调整，热机状态下及批量生产条件下，同一操作工，并在同物料单冲压件及标准件的操作。如无特殊要求，在有效测量数据 $n \geq 125$ 情况下，设备综合能力能力的要求为，CMK≥1.67。

根据采集的数据，利用 SPC 控制图的基本理论，对过程数据加以测定、记录计算和绘图，利用 Excel 函数和图表功能，从而得到控制图。图上有中心线（CL）、上控制界限（UCL）和下控制界限（LCL），并有按时间顺序抽取的样本统计量数值的描点序列，如图 1 所示。

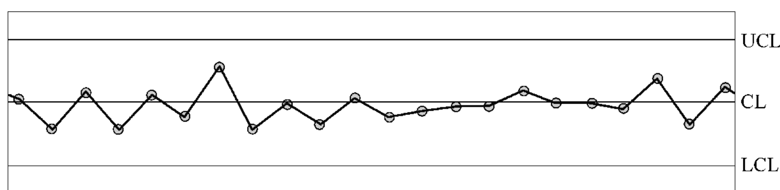


图　1

控制图的目的是：为了使生产过程或工作过程处于被“控制状态”。受控制状态即“稳定状态”，指生产过程或工作过程仅受偶然因素的影响，产品质量特性的分布基本上不随时间而变化的状态。反之，则为非控制状态或异常状态（图 2）。控制状态的标准可归纳为两条：第一条，控制图上点不超过控制界限；第二条，控制图上点的排列分布没有过程受控所遵循的一般依据：连续 25 点以上处于控制界限内。

下面就控制描述过程缺陷的链、偏离、趋势、周期、接近五种基本现象分别描述。

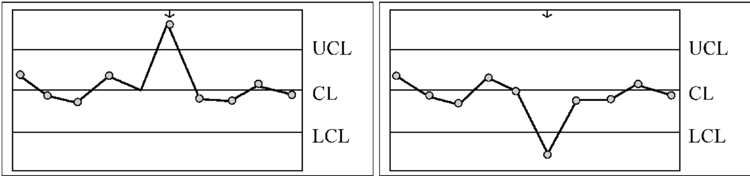
1）链。点连续出现在中心线一侧的现象称为链，链的长度是用链内所含点数的多少来判别。如：①出现 5 点链时，应注意发展情况，检查操作方法有无异常；②出现 6 点链时，应开始调查原因；③出现 7 点链时，判定有异常，应采取措施。

2）偏离。较多的点间断地出现在中心线的一侧时称为偏离。如有以下情况出现，则可判断为异常状态：①连续的 11 点中至少有 10 点出现在一侧时；②连续的 14 点中至少有 12 点出现在一侧时；③连续的 17 点中至少有 14 点出现在一侧时；④连续的 20 点中至少有 16 点出现在一侧时。

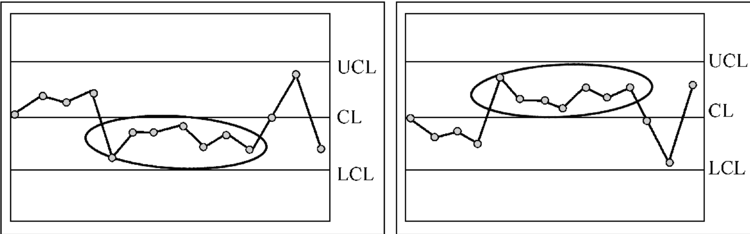
3）趋势。若干点连续上升或下降的情况称为趋势，其判别准则如下：①出现连续 5 点不断上升或下降趋向时，要注意该工序的操作方法；②出现连续 6 点不断上升或下降的趋向时，要开始调查原因；③出现连续 7 点不断上升或下降的趋向时，应判断为异常，需采取措施。

4）周期。点的上升或下降出现明显的一定间隔时，称为周期。判别缺陷表现如：①波状周期变动；②阶梯形周期变动；③大小波动等情况。

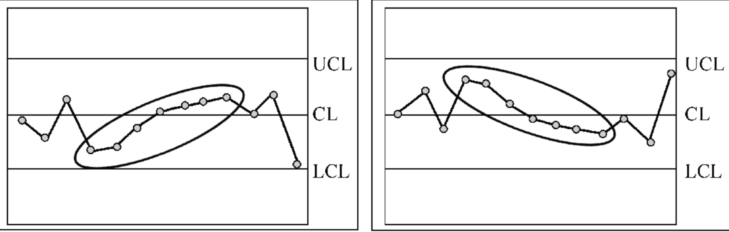
5）接近。图上的测量点接近中心线或上下控制界限的现象称为接近。接近控制界限时，在中心线与控制界限间做三等分线，如果在外侧的 1/3 带状区间内存在下述情况下可判定为异常：①连续 3 点中有 2 点（该 2 点可不连续）在外侧的 1/3 带状区间内；②连续 5 点中有 4 点（该 4 点可不连续）在内侧的 1/3 带状区间内；③连续 7 点中有 3 点（该 3 点可不连续）在外侧的 1/3 带状区间内；④连续 10 点中有 4 点（该 4 点可不连续 ）在外侧的 1/3 带状区间内。



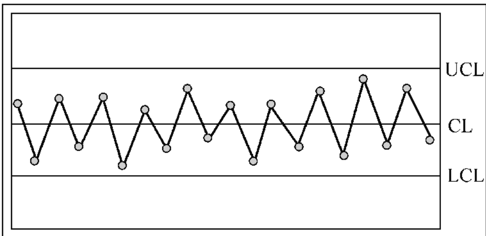
a) 出现一个或多个点超出控制限



b) 连续7点在平均值一侧



c) 连续7点连续上升或下降



d) 连续点交替上升和下降(周期性的特例)

图 2

轧辊表面裂纹及辊面小剥落成因及处理方法

陈　磊　李永昌　王　宾　王　军　董坤坤
（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：研究如何处理热轧带钢支承辊表面裂纹及小剥落问题，根据不同情况采取相应处理方式，在保证支承辊正常使用的前提下，降低支承辊工作层损失。
关键词：支承辊　裂纹　小剥落　处理

1　引言

轧钢生产过程中，轧辊的破坏形式主要有轧辊磨损、轧辊裂纹、轧辊剥落及轧辊断裂。热轧带钢支承辊在使用过程中，辊面经常出现较深的小裂纹，甚至在辊面出现小剥落。如果将产生的小裂纹或小剥落磨尽，磨削量较大，导致辊耗增加。本文研究如何处理支承辊表面裂纹及小剥落问题，以达到减少支承辊磨削量，降低辊耗的目的。

2　支承辊表面裂纹和小剥落

（1）热应力造成的轧辊表面裂纹　由于多次温度循环变化产生的热应力造成轧辊逐渐破裂，即裂纹，是发生在轧辊表面薄层的一种微表面现象。轧制时，轧辊受冷热交替变化剧烈，从而在轧辊表面产生严重应变，逐渐产生热疲劳裂纹。图1是进行着色检测后显示出的裂纹形态。这种裂纹是由热循环应力、拉应力及塑性应变等多种因素形成的，其中塑性应变使裂纹出现，拉伸应力使其扩展。

（2）支承辊辊面小剥落现象　支承辊辊面剥落一般有深层剥落、浅层剥落和端部剥落三种形式。从日钢1580热轧线的现场数据统计来看，边部小剥落（即掉肉）是支承辊损坏的主要形式（图2）。



图1　着色检测后的裂纹形态

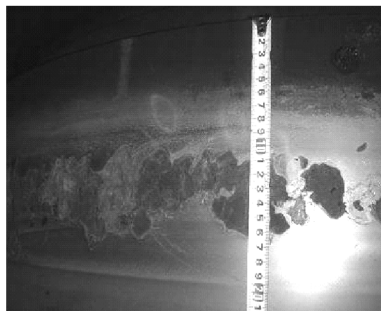


图2　辊面剥落掉肉

3　降低支承辊表面裂纹及小剥落概率

1）出现裂纹的支承辊应及时更换进行磨削，保证其适度的磨削量，以消除残余裂纹。

2）合理的轧辊辊形配置，均匀辊间接触应力，保持适量均匀磨损，利用磨损的推动作用以有效消除轧辊剥落。改善支承辊倒角形式，使支承辊在轧制末期与工作辊磨损后能形成良好接触。将支撑辊与工作辊接触区域向支承辊的辊身中心改变，从而提高支承辊接触区强度。支承辊倒角由原来的一次直线倒角，改为直线复合倒角形式。同时，将原100mm×2mm倒角修订为在250mm×0.7mm倒角基础上增加10mm×2mm二次倒角。

3）轧制工艺方面要确保冷却水正常投入，加强冷却喷嘴管理，保证喷嘴和过滤网不堵塞，水量足够，喷洒均匀，确保轧辊的温度控制在正常范围之内。在热轧带钢生产中还可应用轧制润滑技术，实践证明，轧制润滑可以减少轧辊的磨损，降低轧制力及轧制转矩，缓解轧辊热疲劳，改善轧制应力状态。应用在线磨辊和工作辊横移技术以降低轧辊磨损，延长轧制公里数，减少换辊次数。

4）合理安排优化换辊周期（原支承辊换辊周期 7 天），合理布置冷却水和轧制润滑等工艺（表 1）。

5）杜绝由于轧辊自身问题造成的轧辊表面裂纹。即消除轧辊在铸造和热处理中的残余应力，控制轧辊热处理后的残留奥氏体量，减少轧辊铸造过程中化学成分的波动，特别注意控制碳、铬、钼含量。减少轧辊存在缩孔或气泡缺陷。

表 1　换辊原则

机架	轧制吨位或换辊周期
RE	（30 ±5）万 t 或 5 ~7 周
RW（高铬钢）	1. 5 万 t
RB1	（8 ±2）万 t 或（7 ±1）天
F1 －4	（0. 35 ±0. 1）万 t 或 60 ~90km
F5 －7	（0. 35 ±0. 1）万 t 或 60 ~90km
FB1 －4	（16 ±2）万 t 或（15 ±1）天
FB5 －7	（8 ±1）万 t 或（7 ±1）天

4　支承辊表面裂纹及小剥落的处理方法

（1）表面裂纹处理方法

1）采取加磨的方式去除支承辊表面裂纹。通过磨床涡流探伤粗判裂纹深度，根据经验对支承辊进行加磨，磨后再进行一次涡流检测及表面波检测，确认裂纹除净后磨削完成。

2）而对于涡流检测裂纹值较大的支承辊，如将裂纹磨尽，磨削量较大，造成支承辊工作层重大损失。针对这种情况，可结合涡流检测和表面波检测找到裂纹位置，再采用斜探头对裂纹深度进行判定。判定好裂纹深度后，对裂纹处用砂轮进行打磨，将裂纹打磨掉。打磨后再用着色检测剂对打磨好的小坑进行着色检测，如发现裂纹未打磨尽，继续进行打磨，直到打磨净为止；并防止由于裂纹未打磨尽造成的支承辊裂纹扩展。通过这种方法，能够大大减少支承辊的工作层损失。

（2）表面小剥落处理方法　产生疲劳剥落，处理方法是在小剥落处用粗砂轮进行打磨。在打磨过程中，应注意将打磨的小坑从内向外圆滑过渡（图 3），避免打磨过程中出现尖端，尤其是打磨的小坑边部与辊面接触的部位，要圆滑过渡到辊身表面，从而避免上机后由于尖端的存在而与工作辊产生接触应力，在小坑周边产生新的裂纹。

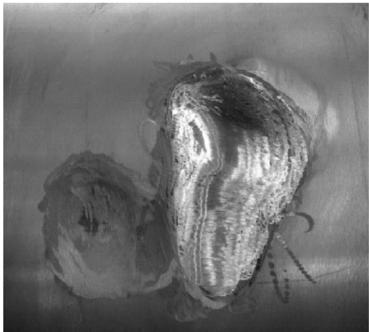


图 3　打磨后剥落处形态

5　结束语

通过完善磨削制度，合理安排换辊周期，合理的轧辊辊形配置，保持支承辊适量均匀地磨损，确保冷却水正常投入与加强喷嘴管理，可有效降低支承辊表面裂纹及小剥落的发生概率。通过涡流检测及超声检测技术，对出现裂纹及小剥落的支承辊进行合理处理，从而有效减少支承辊工作层损失。

企业设备维修备件管理综述

赵维印

（100009　《设备管理与维修》杂志社）

摘　要：从设备备件的技术、计划、采购、仓储管理及资金占用等方面，介绍了企业设备部门备件管理应实施的各项措施，并对相关新观念、新经验进行分析。

关键词：备件管理　技术　计划　采购　资金占用

1　引言

（1）备件定义　在设备维修工作中，为缩短修理的停歇时间，根据设备运行特点与零件失效规律，以及零件的设计使用寿命，对容易损坏的零件在故障发生前按一定数量进行储备。这部分用于维修而储备的零件称备件。

（2）备件管理内涵　为了满足设备维修需要、保证生产正常进行和提高企业经营效益，而从事的对设备构成零件的统计与分析，确定需要储备、生产零件的种类、数量，制定备件自制加工、外购订货和储备供应工作计划和规章制度，以及对备件占用资金的统计分析与经济效益核算等一系列活动的总称。

2　备件的技术管理

实施备件管理所进行的各项技术工作和采用的技术措施，可以包括以下七个方面。

（1）收集、整理备件相关的资料与数据

1）汇总生产厂家供应的技术文件与图样，购置《通用设备备件手册》。对于进口设备要及时翻译包括备件图样在内的各种资料。凡备件图样不齐全的，要利用设备解体检修的机会进行测绘，核定相关尺寸、精度等技术数据。

2）建立备件管理的数据库。要对设备典型故障备件失效（断裂、磨损、变形、腐蚀、老化等）与更换情况进行分析、记录，包括失效原因、更换频率及所采取的应对措施。

（2）对备件实行分类管理　根据各种零件在设备运行中的作用和失效速度，以及零件采购的途径与价值，企业需要将备件采购与储备品种范围进行分类界定。常用分类方法即 ABC 分类法。

所谓 ABC 分类法，来源于意大利社会学家巴累特对社会财富占有的分析，即 10% 左右的富人拥有社会财富的 60% 左右；相反，60% 的穷人只占有社会财富的 10% 左右。后人将这个概论分析应用在诸多领域，即比较重要的事物仅占少数（即 A 类），不重要的事物反而较多（即 C 类），居中的也比较多（即 B 类）。

传统的备件分类界定，A 类备件系指结构复杂、价值高的重要备件，应优先保证储备，约占备件总数 10% ~20%；C 类备件系指价值低，易采购的普通备件，约占备件总数的 50% ~60%；其余为 B 类备件。

笔者认为，这种判定分类有一定的道理，但也并非十分准确。例如：有些零件结构不太复杂、价值也不高，但在设备运行更换频繁，且采购也不方便，所以对这种备件也应保证优先储备。对此，确定 A 类备件的条件应是：①设备出现故障时，更换率较高的零件；②备件加工或采购比较困难的零件。

（3）认真履行备件质量验收　外购备件到货后，要对其质量进行仔细检验，包括零件尺寸、精度、表面粗糙度、硬度和外观等。笔者曾亲历一个事例，由全国著名铣床生产厂购买一批工作台快速进给的凸形离合器；在维修时发现，更换后的离合器其使用寿命不超过 3 天，连续更换多次后引起注意。后经检测发现，该零件（低碳合金钢材料）表层未经渗碳处理，所以在淬火后其硬度仍然很低，不耐冲击。

除此，还要对备件库存制定保养技术要求，采取防止磕伤、锈蚀和变形的技术措施。

（4）制定备件自制或修复的加工工艺　凡有加工制造备件的企业要根据设计图样的技术要求，制定从选材下料到热处理的全套加工工艺，还要配置所需的设备、工装和工具。

对修理更换下来的失效零件，应进行技术鉴定，判别它有无修复可能性，并进行成本核算。对有修复价值的零件，应选用成熟、可靠的修复技术（例如低温补焊、激光熔覆、纳米电刷镀、热喷涂、粘涂与粘接等），修复再用。这种旧件修复的“绿色维修”，在经济性和节能减排方面都是可行的，也是国家倡导的循环经济的重要组成部分。据权威资料介绍：再制造零件比新零件加工，节材70%，节能60%，降低生产成本50%，并明显减少对环境的污染。

零件再制造的显著效益，吸引越来越多的企业积极开展这项工作，收效突出。例如：邯郸钢铁公司从2008年就推进这项工作，年节约备件采购资金4000万元。

（5）积极推行备件标准化的通用化工作　由于企业配置的各种设备来自国内外四面八方，各制造厂设计和加工的零件并非通用的标准形式，甚至有的厂家将标准件设计成非标形式。这就给用户的检修带来极大不便。为了改变这种局面，企业设备部门应在检修过程中，组织技术人员逐步修改结构设计，使相似规格的备件归向统一，实现标准化和互换性，减少备件品种，便于采购与管理。

（6）加强设备日常维护与技术改造

1）众多设备故障（如磨损、断裂）都是由于清洁、润滑、检查和调整等维护工作不到位造成的。为此，管理部门要制定有针对性的设备维护规程，详细规定不同类型设备的不同部位应做好哪些维护工作。维护工作要有计划、有记录、有分析和对发现问题的处理措施。这样可以大幅降低设备故障和备件消耗。

2）有些设备受设计、制造年代的局限，结构不尽合理，零件制造时选用的材料与生产工艺相对落后。所以，设备使用若干年后弊端显露，故障多发，维修频繁，自然就会耗用较多维修资源。针对这种状况，企业应对老旧设备实施技术改造和选用质量上乘的备件，以延长设备无故障运用周期。例如：使用可编程序控制器（PLC）改造旧式设备电气控制系统，能使故障率下降90%以上。

（7）普及计算机信息管理系统　备件管理作为设备管理的一部分，应统筹规划、逐步实施，建立起信息管理系统。对设备的各种备件和图样、资料进行编码，输入计算机。结合企业实际水平，选择和编制适用的机型与软件，实现备件分类与储备定额以及储量与订货的动态管理和资料、图样检索、查阅，并逐步实现网络化，提高备件管理工作效率。

3　备件的计划供应与库存管理

（1）制定备件的储备定额　为了保证维修备件供应和尽量养活储备资金占用，企业维修备件的储备应做到合理、合格。为此，要定期核定各种备件的储备定额。其计算公式为

$$D = MTK$$

式中，D为备件储备量（件）；M为单位时间备件消耗量（件/年或件/月）；T为备件供货周期（年或月）；K为储备系数，$K=1.0\sim1.5$。

公式中的M根据实际情况定期分析、调整；K根据订货供应难易程度确定。

（2）制订供应计划　依据备件储备定额和备件库存量，及时制订备件自制加工计划或备件采购计划。计划经批准后立即实施，并跟踪进度，确保备件合理库存量。

（3）选择服务良好的供应商　现时设备备件供应总体是充足的，但供应商的服务水平却参差不齐，企业对此应通过比较进行选择。其条件是：①供应备件质量合格、稳定；②价格公平合理；③交货期准时；④供应渠道畅通；⑤交易中出现问题能负责解决。

订购备件要坚持签订规范的合同。对于可信的供应商应保持稳定的交易关系，互信互利。对于大批量通用备件采购或初次采购价值高的备件，可以试行招标采购，择优而定。

（4）进口设备备件采购注意事项　采购进口备件相对复杂。为了减少交易风险、保证备件质量，应处理好以下三个方面工作：

1）为保证备件供应的可靠、稳定，以及良好的后续服务，选择进口备件供应商应按下列顺序：第一，进口设备原制造厂或直属专营供应机构；第二，进口设备制造厂在中国的分公司或备件经销部门；第三，进口设备制造厂在中国的授权代理经销商；第四，一般进口备件经销公司。

2）订购进口备件时，要提出准确的采购要素，包括进口设备订货合同号或生产厂家出厂序列号（它是制造厂产品编列的唯一代号，通过查询可知设备名称、规格和各种技术参数，以及生产日期等信息）、

备件名称与件号、安装位置和订购数量等。

3）采购进口备件的付款、结算方式。首先核实、分析供贷方资质、信誉与合作态度，以及合同标的和发货、到货地点与运输方式等项目。对于金额较大的合同应规避风险，一般采用信用证（L/C）结算方式。这种方式是交易完成后由双方开户银行划拨，风险小；同时这种方式可以减少操作成本和管理成本。为了减少企业资金占用，应尽量在供方发货前夕开具信用证。此外，在付款时应扣留10%保质抵押金，在到货验收后支付。

对于金额较少的合同，一般以现汇方式结算，但尽量争取到货后付款。

（5）制定规范的备件库存管理制度　备件库存管理不仅对设备维修有保障作用，而且备件占用资金还是企业资产的一部分，应认真管理。其管理要点如下：

1）各种备件入库均应履行检验、清点、登记、建账、核资等手续。同时，领用备件也要办理出库手续，包括使用申请、批准、登记、记账、核资等项。

2）备件仓库要有专人保管，除办理日常入出库手续外，还要做好备件维护（除尘、防腐蚀、防磕碰、防变形、防老化等）工作和定期清点工作，以及失效、淘汰备件的处理，做到账、卡、物相符。

（6）借用供应商的资金，采用新的库存方式

为了减少企业备件资金占用，要利用备件市场供应过剩的局面，要求供应商实行优惠供货、结算方式，其中之一即VMI（Vendor Managed Inventory），称之为供应商管理库存方式。首先，经双方协议供应商提供一定数量的常用备件，存放在企业的备件库中，暂不收费；待企业设备维修领用备件时，再办理出库、记账、付款等手续。再进一步，供应商不仅负责加工、运输、保管备件，还延伸掌握企业制订的设备维修计划和生产任务调整等业务情况，更主动安排备件供应。目前，一些企业实行的JIT和寄售制等交易方式，均包括在VMI范畴之中。

新的入团件仓储形式对供需双方都很有利。供方虽然占用了资金，但获得了稳定的备件销售渠道和销售利润；需方不仅有备件供应保证，更主要是大大减少备件资金占用。例如，沙钢集团淮钢特钢公司每年备件消耗量相当大，2007年仅制动器和焊条两项，全年采购金额就达到100余万元，库存占用资金30余万元。2008年实行代管式赊购办法后，虽然备件采购量比上一年增加了，但库存占用资金始终为零。

4　备件的经济管理与常用的考核指标

（1）提高备件管理的经济性　企业提高备件管理经济性的基本原则，就是在保证设备正常运转、减少排除故障时备件消耗和资金占用。为此，应采取以下措施。

1）动态核定备件资金。通常的做法是：根据上年度备件储备金额和备件消耗金额，核定本年度备件储备金额。在没有原始数据的情况下，可按企业固定资产设备总原值的1%～2%作起点，经核定的备件资金，经厂长批准后，由企业财务部门予以保证支出，备件采购部门应合理节约使用。

2）鼓励失效零件修复再用。有条件的企业应在资金、技术和政策各方面给予支持。一旦件再制造工作走上正轨，企业可获得较大收益。

3）加强对企业生产部门维修费用的考核。企业产品的成本基本上由四部分组成，即原材料费、能源费、人工费和固定资产损耗费。补偿设备资产的维修开支占了较大比重，而备件费又占3/4左右。而多数企业对生产部门因操作不当、维护不及时和疏于检修所导致的设备故障缺乏管控，特别是没有对维修费支出的考核。这是设备维修管理的一大漏洞。

4）多渠道、多方式减少备件储备。除前面提到的VMI方式外，还可以与城镇相邻企业协作分工储备备件，这样可以节省很多资金。例如：中海油湛江分公司就在南海分布的众多油气田作业区推行维修备件共享库存管理模式，取得显著效果。分散独立贮存备件时，单个生产平台的备件库存金额，一般都达到千万元级。实行新的合作贮存方式后，库存金额下降了40%以上，整个作业区减少备件资金1000万元以上。

（2）备件管理考核指标设置　不同行业企业考核设备备件管理所设置的指标是多种多样的，具有共性和较实用的有以下五种。

1）单位产品产量备件消耗水平。设备运行过程中产生有形磨损和采取补偿措施是正常的。但为了降低生产成本，应尽量减少备件消耗。所以要对各生产部门考核单位产品备件消耗水平。

$$单位产品备件消耗水平=\frac{年备件消耗费用}{年产品数量}\ [元/(t·台)]$$

2）单位设备资产备件资金占用率。设备越多其备件消耗越多，不能总量考核。为了体现设备资产经营效益，应考核单位资产创造的价值和节约的费用。为此，要考核单位设备资产备件资金占用率。

$$单位设备资产备件资金占用率=\frac{备件平均库存占用金额}{企业设备资产总原值}\times 100\%$$

3）备件资金周转期。为了提高备件资金的利用率，尽量用较少的占用资金满足备件耗用需求。方法之一即缩短订货周期、减少订货件数。对此，要考核备件资金周期，一般应小于1年。

$$备件资金周转期=\frac{年平均备件库存金额}{年备件消耗金额}\ (年)$$

4）备件库存滞留系数。由于制订备件采购或加工计划与备件实际耗用情况，在时间与数量不可能完全同步与相符，会产生多余备件积压。这会增加资金占用，形成浪费。为了减少这种现象发生应考核备件库存滞留系数。

$$备件库存滞留系数=\frac{备件平均库存时间}{备件采购(加工)周期}$$

5）备件采购到货系数。企业设备备件部门按计划向备件供应商订购备件，但供应商因各种原因延误交货，可能影响企业设备检修工作顺利进行。为了与供货商交涉，应对备件到货情况进行统计与计算。

$$备件采购到货系数=\frac{按时到货备件批次数}{订购备件批次数}$$

5　备件管理模式的新探索

为了提高维修备件的管理水平，许多企业都在认真总结经验，提出新的备件管理思路和方法。笔者在此介绍两个企业的探索。

（1）备件费用“标准+α”管理模式　宁波宝新不锈钢公司的设备管理工程师，为了改进备件管理工作，提出备件费用“标准+α”管理模式，值得分析、借鉴。

该方案主张：第一，保证基本的备件费用，即标准费用，包括有相对固定周期的零件费用或与产品产量直接相关的消耗备件费用；第二，尽量压缩随机性备件费用，即α费用，包括不可预测更换零件费用和准确发采购费用，例如设备事故所更换或修复零件的费用。根据公式：年备件消耗定额=（12/备件更换周期）×（周期更换数量×备件采购单价），计算出年消耗定额，并依此执行。

为了达到上述控制性管理目的，要做好细致、准确的统计、核算与分析工作：

1）根据年（季）度各单位备件领用清单，汇总出主工领用备件的数量、时间、用途等项目，计算出备件消耗费用额。

2）把统计结果与上年（季）度的数据进行对比，分析增减变化的原因，重新核定合理的费用支出定额，作为计算标准费用的依据。

3）重点分析非正常耗用备件的领用情况：费用构成、原因、时间，以及所占备件费的比重等，并提出针对性措施，尽可能防止类费用的支出。

（2）备件“精益化管理”模式　江铃汽车底盘公司从2000年开始推行“精益生产管理”经营模式，加强对设备维修与备件采购的控制，取得很好的效果。其作法是：

1）制定备件精益化管理的目标。其目标为实现设备无（少）意外故障，实现故障排除无等待，实现备件库存无（少）积压，实现备件占用资金最低化。

2）推行备件精益化管理措施。包括四个方面：①从选型开始，保证设备高可靠性，降低运行故障发生，减少备件消耗；同时在选购时，尽量减少机型种类，扩大备件的通用性，降低备件储备品种。②加强设备使用过程中对设备的维护与检查，采取以诊断技术为主的预防性措施，及时发现与排除隐患，防止引发设备故障。③实行ABC分类管理，合理储备备件。对关键的A类备件，优先保证储备，包括运转中容易磨损和疲劳损坏的零件（如高速运转的小模数齿轮、运动中受冲击的曲柄、连杆机构等）、保证设备加工精度的重要零件（如机床主轴、高精度齿轮和丝杠副等）、采购周期长的进口设备常用备件等。对于不易

损坏和采购方便的 C 类备件，则可以不储备。包括：新购置的正规设备，一般在 3～5 年不会发生正常的运行故障，可以不存或少存关键备件；对有周期性故障的设备，平时不存备件，在临近检修期再准备备件；凡有多台相同型号的设备，发生故障后不致对生产造成影响的，可以通过调度生产任务，然后边解体边准备备件进行修理。④注重对维修工、操作工的培训，保证正常使用、及时维护，提高检修质量与效率，减少故障发生的可能性。

江铃汽车底盘公司坚持 10 年的努力实践，在备件管理方面成效突出。全公司设备型号减少了近 1/3，相同型号的设备基本上是同一厂家的产品，备件储备品种减少了 1/2 以上。同时，备件库存资金由原来占设备资产总值的 3%，下降到 1% 以下。

6 结束语

设备维修备件管理虽是设备工程系统的一个分支，但它对保障生产正常运行和为企业降耗增效有至关重要的作用。同时，通过大量事例证明，企业备件管理水平提高仍有很大潜力，有待研究与实践。要始终明确备件管理必须坚持的两个要点，即保证设备维修的需要和尽可能节约费用的支出，并上升为设备运行的可靠性与设备管理的经济性。

参 考 文 献

[1] 赵风多. ABC 分类法在备件管理中的应用［J］. 设备管理与维修，2009（6）.

[2] 王克生. 加强备件管理，实现高效低耗运行［J］. 设备管理与维修，2009（10）.

[3] 赵开尧. 谈备件费用的“标准＋α”管理［J］. 设备管理与维修，2010（4）.

[4] 陈欣，傅建林. 浅谈企业备件管理［J］. 中国设备工程，2011（3）.

[5] 李河水，林绢华. 基于精益生产模式下备件储备定额的确定［J］. 设备管理与维修，2011（4）.

[6] 白丽霞. 进口备品备件采购初探［J］. 设备管理与维修，2012（4）.

[7] 李宁. 关于备件管理指标体系的讨论与建立［J］. 设备管理与维修，2013（5）.

加强油田设备管理，助力企业科学发展

田洪霞

（065700　河北油田公司华隆服务处安全环保科）

摘　要：设备作为油田企业的物质基础，影响着企业的生产质量和效益。首先分析了当前油田企业在管理设备时存在的漏洞，进而阐述加强油田设备管理的几点思路，帮助油田走科学发展的道路。

关键词：油田　油田企业　设备管理　漏洞　科学发展

据统计，设备总值约占油田企业资产总值的1/10。科学高效的设备管理，能够为油田企业生产发展提供内在动力。怎样管理和使用好这些设备，延长它们的使用寿命，降低维修性支出，维护“大后方”稳定，是当前和今后油田企业的一个重要任务。

1　当前油田企业在管理设备时存在的漏洞

（1）生产管理人员的设备管理意识较低　在很大程度上，设备效益要通过生产效益才能体现出来，这就造成了生产管理人员头脑中重生产、轻设备的观念。另外，设备保养维修缺乏积极性和主动性。

（2）设备管理水平有待提高　设备在使用、维修及保养环节容易出现问题。比如：有些设备缺乏专业操作人员，长期由其他人员兼任；缺乏专业的维修保养人员，造成设备得不到正常的维修保养等。这样的结果是，设备的管理使用比较松散，限制了设备性能的正常发挥，表明管理水平亟待提高。

（3）设备使用效率停留在较低水平　工作量加大时，单位设备出现不够用的现象，往往保持超负荷运转状态，且保养工作不到位；而工作量不足时，单位闲置的设备却没有给其他单位使用，使得有些设备使用效率极低，甚至不高于30%，又或者长时间闲置。

（4）重复购置现象普遍存在　油田企业各单位为了完成额定生产任务，往往抱着“大而全”“小而全”的心态购置设备，导致各单位在采购设备时，出现重复购置的严重现象，未能把有限的资金用在最佳的用途上。

2　加强设备管理的几点思路

（1）从生产经营实际出发进行设备管理　设备管理工作应当符合油田企业生产经营的发展需要。在企业不断发展壮大的过程中，设备管理工作应相应及时地进行调整、提高和改善，以适应生产经营的需要。应当把重视设备管理、加强设备管理力度作为为生产服务的思想来落实，要从油田企业的生产任务、品种质量及维护修理难度出发，确定单位的重点设备，针对重点设备实行“五优先”原则，即维护、修理、备件供应、改造、更新优先原则，保证企业顺利完成生产任务。

（2）技术性与经济性有机结合　对设备进行管理，要将技术性与经济性合二为一，做到技术上先进、运行上经济及生产上实用。技术性管理，指的是对设备的研发、设计、生产、使用、维修、保养、改造、升级、更新及报废等过程的管理。经济性管理，指的是对设备的投资、折旧、维修、改造等过程的费用支出与核算、经济效果分析的管理。加强设备管理，一是要求维持设备运行良好的技术状态；二是要求节约设备维修管理的费用。两者相互结合，为的是减少设备寿命周期费用，使设备综合效能最大化。

（3）强化设备管理队伍建设　油田企业应当构建一个可靠的设备管理系统，组建一支专业的设备管理队伍。首先，企业主要领导应当将设备管理纳入议事日程，围绕设备管理的原则和目标作出决策，制定相应的规章制度，针对设备维护实行专辑专责或包机制，明确各操作人员的管理责任；其次，生产车间由副主任掌管设备，并安排与之配套的专职技术人员，小队和班级也要有兼职设备管理员，组建一个严密的设备管理体系；再次，广大生产工人和检修工人是设备的主人，在日常工作中直接操作和维修设备，他们对设备的性能、运行情况和问题最清楚，应充分发挥他们的积极性，切实提高他们的设备管理意识。

（4）实现从设计制造到使用的相互协调　设计制造部门不能一味追求设备成本最小化，而不考虑设备在实际运行中的可靠性、安全性、节能性、耐用性、维修性及环保性等，应与使用单位保持良好的沟通关系，摸清使用单位的使用条件和在工艺上的要求；应充分考虑设备使用过程中的管理和维修费用，使研发设备适应使用单位需求。设备出厂后，研制人员应积极参加设备的安装、调试、使用工作，提供良好的技术服务。各使用单位应及时向设计制造部门反馈设备在使用时出现的问题，以便对设备的设计作进一步的改良。

（5）做好设备改造更新工作　只有做好现有设备的更新和技术改造升级，才能从源头减少维修费用高、能耗大、质量差等问题，同时这也是适应生产技术发展的客观要求。在维修设备时，要进行技术经济分析，处理好维修改造之间的关系，将两者有机结合起来。一方面，可以借助检修的机会，使用新技术、新工艺、新材料，来更换目前能耗大、效率低、技术落后的设备及零部件；另一方面，对于陈旧落后、维修价值较低的设备，可以根据规定作报废处理，更换一批较为先进的设备。

（6）提升设备管理科学化水平　随着科技的不断发展，生产设备日益先进，表现在大型化、高速化、机电一体化和结构复杂化等几个方面。与设备保持密切接触的操作人员、管理人员、维修人员，应当掌握一定的科学知识、现代管理理论和方法；企业应对相关人员加强培训，强化他们对现代设备管理知识与方法的学习研究，组织国内外专业人员、企业不同部门的技术人员进行技术经验交流；企业应积极借鉴、引进国内外同行先进的设备管理经验和技术，使本企业设备管理水平不断提高。

（7）正确处理保养维护和计划检修之间的关系　设备管理应坚持“维修为主，检修为辅”的方针。缺乏规范的维护保养，就不会有科学的计划检修。要正确处理设备维护保养与计划检修之间的关系。倘若计划检修是为了抢进度，没有重视检修质量而留下设备隐患，就会造成维护保养工作不够细密，发现问题没有立即处理，操作人员没有按照规章制度来操作，既会造成“小洞不补，大洞吃苦”的恶性后果，还会增加后期检修的工作量，打乱正常的生产计划。

（8）教育与奖励双管齐下　技术人员的设备管理意识在设备管理工作中起到关键性的作用。应做好技术人员的思想工作，提高他们的思想觉悟和技术水平，教育广大员工要管理好生产设备，树立爱护设备的意识。同时，将物质奖励与思想教育有机结合，对在设备管理工作中表现突出的人员进行嘉奖，充分调动员工的积极性，促使设备管理工作达到预期目标。

3　结束语

设备管理是油田企业生产经营的物质基础，关系着油田企业的生产质量和效益。油田企业应从自身情况出发，对设备进行科学的管理，切实推进各项设备管理制度的实施，为企业发展壮大提供坚实的保障。

参 考 文 献

[1]　贺安武，李强，闫学峰，等．基于物联网技术的油田设备管理［J］．中国石油和化工，2012（06）：43－45．

[2]　龙瑞文．油田资产设备管理队伍建设之我见［J］．装备制造技术，2012（04）：218－219．

实现热连轧机负荷分配与优化模型的板形控制研究

杨兴辉　刘超伟　王苏州　韩祯祥　孟晓亮
（276806　日照钢铁有限公司）

摘　要：热连轧精轧机组负荷分配的中心问题是合理分配各机架的出口厚度，并由此确定各机架的压下量、轧制力等参数。目前常用的负荷分配法主要是经验分配法；而负荷分配直接影响到精轧板形的控制，负荷分配也是带钢板形控制的基础，所以研究基于板形控制的负荷分配与优化成了专家的重要工作。在此主要是在基于板形控制的负荷分配与优化理论的基础上，详细介绍了如何用软件的方法去实现，并将此软件模型应用于实践。

关键词：热连轧　负荷分配　数学模型　板形控制

精轧机组负荷分配的实质是合理分配各机架的出口厚度，并由此确定各机架的压下量、轧制力等，目前使用的负荷分配多根据生产经验制定，虽然该方法简单、合理，但并非最优。在热连轧生产中，板形、板厚控制的对象都是有载辊缝的形状，所以负荷分配也是热轧带钢板形控制的基础。同时，由于轧制过程中辊型的不断变化，而对每一卷带钢，都重新进行兼顾板形的负荷分配，以充分发挥轧制力对有载辊缝凸度的积极影响。因此，可以将轧制力作为对带钢板形的一个调控手段，进而提高弯辊力的调控能力，降低弯辊力超出调节范围的可能。

以下结合日照钢铁公司1580热轧带钢厂板厚板形综合控制的原理，提出了兼顾板形的负荷分配策略；并用计算机软件技术进行实现，并用于实际生产中。

1　能耗分配模型

为了得到精轧机组各种轧制规程下所需的轧制功率数据，可在带钢热连轧机上取得实验结果，并以单位质量轧件所消耗的能量（简称为单位能耗）为因变量，以轧件延伸率为自变量绘成曲线，此曲线称为能耗曲线。能耗曲线的基本特点是认为各机架间延伸率的分配将决定各机架的能耗分配，而总能耗只决定于总延伸率，与其在各个机架间的分配无关。为了便于计算机应用，需将能耗曲线转换成公式。

单位能耗曲线可以用累计对数变形的形式来表示：

$$\left.\begin{aligned} &\text{单位能耗} = \sqrt{K_2^2 + 4K_1\Phi_i A_n} \\ &A_n = K_1[\ln H_0/h_n]^2 + K_2\ln H_0/h_n \\ &a_i = K_1[\ln H_0/h_i]^2 + K_2\ln H_0/h_i \\ &a_i = \Phi_i A_n \end{aligned}\right\}$$

式中，A_n 为 n 个机架的总能耗；a_i 为 i 个机架的累计能耗；Φ_i 为累计能耗分配系数；H_0 为初始出口厚度；h_i 为 i 个机架的出口厚度；h_n 为 n 个机架的出口厚度；K 为能耗系数。

由此可得

$$h_i = H_0\exp\{(K_2 - \sqrt{K_2^2 + 4K_1\Phi_i A_n})/2K_1\}$$

式中，h_i 为机架的出口厚度。不同产品厚度的 K_1、K_2 及 Φ_i 的值不同。表1和表2是日照钢铁公司1580带钢厂实际使用的 K_1、K_2 及 Φ_i 的值。

根据此系数，用VC++语言实现能耗分配的计算方法，分别算出精轧各机架的出口厚度、负荷分配和相对压下率。给出经验的 Φ_i 值，所得厚度分配是合理的，但不是最优值。随着对板形（凸度和平直度）要求的提高，精轧负荷分配是对后3、4个机架的轧制力分配更为注意，因此提高了精轧最优负荷分配的课题。

表 1　能耗公式系数值

系数	厚度/mm					
	<1.79	1.8～2.29	2.3～3.59	3.6～5.99	6.0～8.99	>9.0
K_1	6.035	6.014	4.369	4.467	3.045	3.001
K_2	6.702	4.558	6.517	5.215	7.922	7.950

表 2　Φ_i 值

厚度/mm	F机架	宽度/mm		
		≤900	>900～1200	>1200
≤2.2	F1	0.14	0.14	0.14
	F2	0.28	0.28	0.28
	F3	0.44	0.46	0.47
	F4	0.62	0.64	0.65
	F5	0.77	0.78	0.79
	F6	0.91	0.91	0.91
	F7	1.00	1.00	1.00
>2.2～3.9	F1	0.13	0.14	0.14
	F2	0.27	0.28	0.28
	F3	0.44	0.46	0.47
	F4	0.61	0.63	0.64

厚度/mm	F机架	宽度/mm		
		≤900	>900～1200	>1200
>2.2～3.9	F5	0.76	0.77	0.77
	F6	0.90	0.90	0.90
	F7	1.00	1.00	1.00
>3.9～5.2	F1	0.12	0.13	0.13
	F2	0.26	0.27	0.27
	F3	0.45	0.46	0.47
	F4	0.61	0.63	0.64
	F5	0.75	0.77	0.77
	F6	0.89	0.90	0.90
	F7	1.00	1.00	1.00

2　基于板形控制的负荷分配与优化

热连轧精轧机组板形控制有两个目标，一是保证末机架出口带钢具有 CR_7 凸度，二是保证末机架出口带钢的平直度。为此，可将精轧机组分为凸度调节、平直度保持及平直度控制三个区域。对 7 机架连轧来说，一般 F1～F3 为凸度调节区段，F4～F6 为平直度保持区段，F7 为平直度控制区段，其具体工作策略为

1）通过 F1～F3 为凸度调节区段，使 F3 出口带钢具有 δ_{F3}，其大小应为

$$\delta_{F3} = (h_3/h_7)\delta_{hot}$$

式中，δ_{hot}为凸度控制目标。

2）F4～F6 严格保持相对凸度恒定，即

$$\delta_{F4}/h_4 = \delta_{F5}/h_5 = \delta_{F6}/h_6 = P_{obj}$$

式中，P_{obj}为要求成品应有的目标相对凸度。

3）F7 用于平直度反馈控制使 $\delta_{F7}/h_6 = P_{obj}$，以最终保证平直度。通过 Shohet 判别式可以判断在一定的轧制压力、弯辊力下，轧后的带钢是否会出现可见浪形。

$$\delta = \frac{C_H}{H} - \frac{C_h}{h} \quad \Delta = \alpha\left(\frac{h}{BW}\right)^{\beta} \qquad (-2\Delta < \delta < \Delta)$$

式中，$\alpha = 40$，$\beta = 1.86$，若 $\delta > \Delta$ 出中浪，若 $\delta < -2\Delta$ 出边浪；H、h 为机架入口、出口带钢厚度；C_H、C_h 为机架入口、出口带钢凸度；BW 为带钢宽度；δ 为机架入口、出口带钢比例凸度之差。

3　现场应用情况

用 VC++编程语言实现上述基于板形控制的负荷分配优化，图 1 为在 VC++6.0 环境下编写的可视

化操作界面的计算方法。选用钢种 Q235，粗轧来料厚度为 35mm，成品宽度为 1260mm，成品凸度为 45μm，成品厚度为 3.0mm，用上述的经验分配法来计算精轧负荷和其他参数。

将现场经验负荷分配数据和优化计算结果进行比较，结果表明使用本文提出的优化方法计算出来的负荷分配，满足了带钢出口凸度的要求。头部板形控制比较精确，在原始负荷的基础上加大 F1、F2、F3 的负荷，使 F3 出口带钢具有 δ_{F3}，减小 F4、F5、F6 负荷，F4 ~ F6 严格保持相对凸度恒定，减小 F7 的负荷使平直度保持恒定；修改原始负荷后，单（双）击负荷优化按钮，重新进行计算，直至轧后浪形全部为零，此时的负荷才是最优的负荷分配。表 3 和表 4 是两种计算结果的对比。



图 1　可视化计算软件工具

表 3　采用经验法计算结果

（1—中间浪形　0—无浪形　－1—边部浪形）

机架	出口厚度 /mm	压下量 /mm	相对压下率 (%)	负荷 (%)	出口凸度 /mm	轧后浪形
F1	17.40	16.87	48.1	50.49	268.21	0
F2	14.5	7.41	34.25	21.05	174.20	0
F3	8.1	4.6	37.8	14.25	102.23	40
F4	4.57	3.35	28.75	7.40	81.25	100
F5	4.37	2.01	20.65	3.64	65.21	－50
F6	3.42	1.23	21.03	2.75	45.98	－60
F7	3.01	0.40	12.36	1.57	45	－45

表 4　采用基于板形控制的负荷分配方法计算的结果

机架	出口厚度 /mm	压下量 /mm	相对压下率 (%)	负荷 (%)	出口凸度 /mm	轧后浪形
F1	18.52	16.47	47.07	51.49	276.66	1
F2	12.1	6.41	34.63	20.05	180.83	3
F3	7.7	4.4	36.39	13.77	115.02	0
F4	5.48	2.21	28.75	6.92	81.94	0
F5	4.35	1.13	20.64	3.54	65.02	0
F6	3.51	0.83	19.25	2.62	52.5	0
F7	3.01	0.5	14.29	1.57	45	0

经计算得到当前负荷分配下的带钢凸度调节域曲线和当前机架入口、出口带钢比例凸度之差曲线如下。从图 2 上可以看出 F4、F6、F7 的负荷分配过大，超出了此机架所允许的凸度调整范围，F4 出口呈现中浪，F6、F7 出口带钢呈现边浪。

负荷修正后的带钢凸度调节域曲线和当前机架入口、出口带钢比例凸度之差曲线如下。图 2 与图 3 对比可发现负荷经过此方法修正后，带钢在机架间的板形不会出现过调现象。

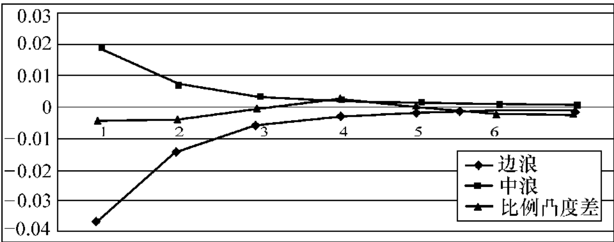


图　2

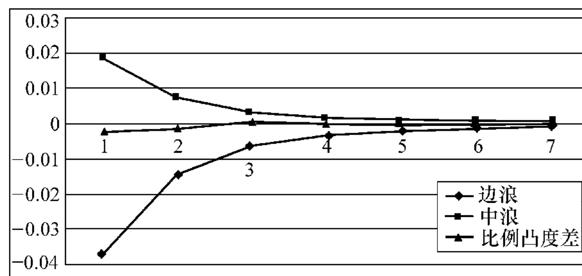


图　3

4　结束语

通过对基于板形控制的负荷分配方法的理论研究，用软件的方法进行计算，大大方便了模型维护人员在离线的情况下对所轧制规格的负荷分配的预报。其模型系数可以根据现场设备的工艺情况随时进行修改，操作简单，计算精度高。

参 考 文 献

[1]　陈先霖，张杰，张清东，等. 宽带钢热连轧机板形控制系统开发［J］. 钢铁，2000，35（7）：28.

[2]　何安瑞，张清东，许健勇，等. 1800mm 虚拟轧机板形控制性能［J］. 北京科技大学学报，2004，26（2）：91.

浅析影响装载机油耗的因素

梁开武　王荣忠

（261206　福田雷沃重工装载机事业部客户服务中心）

摘　要：影响装载机油耗涉及的因素较多，经实践对影响装载机油耗的因素进行梳理分析，对用户培训、指导提出了建设性意见，并取得了很好的效果。

关键词：装载机　油耗　驾驶习惯　液压系统　作业工况　维护保养　油品

根据装载机市场故障处理经历，每年会有数量极少的用户反馈装载机油耗异常情况。经现场排查、分析与处理，在确认装载机没有任何故障之后，往往是驾驶人不良的作业习惯、特定工况造成了油耗异常，或者是由于驾驶人对油耗影响因素的认知误区，从心理上认为是油耗超出预期。

影响装载机油耗涉及的因素较多，除与装载机的设计、制作质量水平等有关的固有特性外（这些特性变化较小或不变化），更多的是与驾驶人的素质素养、驾驶技术及作业工况等可变特性密切相关（这些特性变化变化较大）。

经分析认为：①驾驶人的驾驶技术与习惯、作业工况与环境、发动机状态、维护保养是影响装载机油耗异常的核心要素；②液压系统、传动系统（变矩器变速器、驱动桥）、制动系统故障是影响装载机油耗的重要因素；③设计（整机情况）及制作质量水平等也对装载机油耗有一定的影响。发动机油耗可以进行台架试验，但装载机的油耗不能用台架试验的方法测试。根据装载机结构原理，结合市场油耗异常处理案例，对影响装载机油耗的因素进行梳理分析，对用户如何正确使用装载机进行培训、指导，提高用户对装载机油耗影响因素的认知水平，消除用户对装载机油耗认知的误区，化用户抱怨为用户感动。

可能影响装载机油耗的因素，按照由大到小的顺序分析如下：

1　驾驶技术与习惯

包括：起步时大油门、变换档位时始终大油门；轮胎打滑时继续加大油门；行驶中不断猛烈变换油门（油门忽大忽小）；在动臂下降或卸料过程中加大油门；操作时多路阀阀杆未完全到位（多路阀阀杆处于半开状态），就大油门工作；举升、收斗、磕斗、转向极限憋压；遇到障碍物时不提升动臂，直接大油门推平；装载机“死顶”，未采用复合作用法（铲斗插入、收斗、动臂提升应当有机配合循环，插入物料后直接举升，严重耗油。装载机无法前进时，驾驶人还是大油门推）；动臂处于半高（动臂举升到一半的高度）状态时卸料后直接举升动臂（六连杆机构处于临界死点位置，若不收斗直接举升几乎不能够实现）；松软地面轮胎气压过低；硬地面轮胎气压过高；频繁制动。

2　作业工况与环境

包括：地面松软、湿滑、泥泞；上坡、下坡、左拐、右拐频繁；海滩、沙漠推平作业：装载机变速器、变矩器的设计非推土机匹配参数（与推土机相比，档位少，不能有效适用负荷的变化），原则上不能用于长时间推平作业（推土、推沙等）。海拔、环境温度（冬季比夏季油耗高）、空气质量（细小粉尘容易堵塞发动机的空气滤芯）。

3　发动机

包括：发动机烟雾的颜色异常（蓝烟、白烟、黑烟）；发动机水温过高或过低；空滤器堵塞；未正常校喷油泵；四配套等零部件磨损（零件的磨损，影响工作过程的各因素配合失调，如间隙增大、密封性变坏、压缩比变化、喷油压力及喷雾质量变化等）；喷油提前角不正确，气门间隙过大或过小；发动机的增压器损坏或不匹配；下排气、发动机工作时的转速、声音异常；风扇大小与发动机型号不匹配一致；高速

发动机或低速发动机（两种机型油耗有差异）。

4　维护保养

包括：未正常进行保养；未正确使用各类油品；滤芯未正常检查与更换；未按照要求对各销轴、轴套处传动轴等部位加注润滑油；变速器油底壳未清理（发现有铝末、铜末或其他金属末）。整机磨合情况（或整机的工作时间）、轴承损坏。

5　液压系统

液压系统采用单泵分流、双泵独立、双泵合流、等值卸荷、三泵合流或其他液压技术；液压系统设计差异（液压管路走向、节流口等差异）；各类液压缸存在内泄；空气持续进入液压系统（液压油发黑）；工作泵、转向泵磨损（即泵的工作效率下降）；液压温过高或过低；液压油变质；液压系统压力未达到规定数值；动臂举升无力（多路阀调压弹簧失效）；铲斗上翻无力（多路阀补油阀块卡滞）；油液系统在形成负压时自动补油的能力较弱。

6　传动系统

1）变矩器、变速器。变矩器的效率及与与发动机、变速器匹配性（维修现场不具备检查能力）；双变油油位过高或过低；双变油温度过高（正常应当≤120°C）；双变油变质；装载机等档（挂档后稍等片刻才有反应，或在等档时大节气门，造成油耗高）、变速泵容积效率下降；变速器档位压力过低；超越离合器打滑。变矩器进油口压力、出油口压力异常（从外部无法检测）。

2）驱动桥。驱动桥主减、边减处温度过高（正常应当≤95°C）；主、被动螺旋锥啮合间隙及啮合印痕调整不合适。

7　制动系统

制动夹钳复位不顺畅（解除制动后不能自动复位）。驻车制动不回位。

8　设计制作

1）设计：发动机、桥箱、工作装置（铲斗大小、形状、动臂长短）技术参数与作业工况（物料的容重）匹配性。

2）加工：各类齿轮精度；阀的精度（特别是节流口等）、密封性能差异。

3）装配：各类运动部件预紧力的差异。

4）整机重量、牵引力、轴距长短（影响转弯半径和作业效率）、中心铰接或非中心铰接。

5）轮胎型号、轮胎气压、花纹形状及磨损情况。

6）重型机（长轴距机型）在松软工况作业。

7）自行将铲斗加大等。

9　电系统

配置空调（空调开放、空调温控开关坏）；各种照明灯光全部打开。

10　油品

燃油品质不合格，对比车辆所用的油品质量不一致（柴油标号）；液压油、传动油、齿轮油品质不合格，加注量不合适（如变速器传动油加多加少都容易高温）；油液中有微小的颗粒杂质（容易使阀芯卡滞，液压系统低于或高于正常压力，都会影响油耗；低于设计压力时油液易于溢出发热，高于设计压力时，容易憋压，同样会造成高温）。

11　作业效率

单位时间内完成的工作量不一致（用户往往只谈油耗高、不谈作业效率高）；整个作业过程全负荷作

业与间歇作业差异。

12 油耗实验对比方法

每斗物料的运输距离、运输物料时铲斗的提升高度；举升、收斗、行驶，采取有效复合动作还是按照先后的顺序动作；当用外置塑料桶时对比油耗时，必须保证燃油吸油管、回油管接到塑料桶中，以便保证回油不一致；每次运输物料的重量、堆垛高度重复性和一致性。

其他未知或未考虑到的影响因素。

特别说明：因装载机有长轴距、中轴距、短轴距之分；车架有前铰接、中心铰接之分；装载机的自重不同，工况适应性不同；装载机铲斗斗容不同，有标准斗、加大斗、煤斗之分；动臂长短不同（卸载高度）；因此任何两台装载机都会存在差异，同时油耗更多的是受人为因素影响。当用户反馈油耗异常时，要重点排查易于确认的、油耗影响较大的因素并予以排除，必要时要更换驾驶人或工况进行比对，消除用户抱怨或误解。

附录

根据潍柴公开发布的 WD615 发动机额定功率时 BSFC 油耗为 221g/（kW・h）计算，如果是大油门、全负荷工作时，162kW 的发动机每小时正常油耗达到 43. 13L。计算公式是：每小时油耗 = 额定油耗 × 发动机功率/柴油的密度即：221g/（kW・h）×162kW/（830g/L）=43. 13L。

离心增压注水泵在吉林油田乾安区块的应用

王俊福　李洪洌　胡长悦　高云义
（131400　吉林省乾安县乾安采油厂）

摘　要：随着油田开发进入中后期，注水井欠注的矛盾日益突出，并严重影响了油田开发效果。本文试验应用离心增压注水泵，取得较好效果。

关键词：离心增压注水泵　注水　应用

近年来，随着油田开发进入中后期，注水井欠注的矛盾日益突出，并严重影响了油田开发效果。针对每口井欠注原因目前主要有两种措施进行增注，一是采取降压增注措施，二是采取提压增注。在提压增注解决注水井欠注问题方面，如乾安采油厂2011年开始试验离心增压注水泵，取得了较好效果。

1　应用情况

2011～2012年共试验3口井，其中单井1口，井组7口，满足地质注水需求的同时，设备维护管理难度大大降低，如图1所示、见表1。





图1　H43－2－1是大床43区块1口注水井

表　1

离心增压注水泵效果统计										
站	增注井号	增注前				增注后				
		泵压/MPa	油压/MPa	配注/m³	实注/m³	系统泵压/MPa	泵压/MPa	油压/MPa	配注/m³	实注/m³
黑43	黑43－2－1	14	14	30	0	14	21	18.5	30	30
黑96	情东31－14	17.6	17	35	35	17.6	20.5	16.7	35	35
	情东19－22	17.6	17.4	25	16	17.6	20.5	17.7	25	25
	情东27－18	17.6	16.5	35	29	17.6	20.5	13.5	35	35
	情东23－18	17.6	9.6	40	37	17.6	20.5	10.2	40	40
	情东15－22	17.6	12.7	35	35	17.6	20.5	10.5	35	35
	情东35－18	17.6	17.3	15	10	17.6	20.5	17.5	25	25
	情东31－18	17.6	17	35	0	17.6	20.5	18.2	35	35
合计		17	15	250	162	17	21	16	260	260

1）该井 2005 年 6 月转注，撬装注水，初期泵压 10.0MPa，油压 9.8 MPa，日注 $30m^3$；至 2006 年 4 月进系统注水，油压升至 15 MPa，之后注水压力逐渐上升；至 2007 年 8 月油压达到 17 MPa，油泵平衡，注不进水；9 月作业冲洗井底无效，被迫方案停井。

该注水井由于注水压力高，长期注不进水，造成该井组能量不足。经地质分析急需注水，2011 年试验离心式增压注水泵进行增注试验。注水泵提压到 21MPa 后，油压达到 18.5MPa，日注入量达到 30 方，完成配注，并且 11 月份实现分注，取得了较好的效果。

2）黑 96 站，6#井组 7 口井，5 口井油、泵压平衡，欠注，由黑 46 注水站供水，注水半径 7km，泵管压差达到 2.0MPa。2012 年 10 月对井组试验增注泵后，泵压由原来的 17.6MPa，提高到 20.5MPa，该井组 7 口井欠注问题得到解决，见表 2。与同样工况的移动式柱塞注水泵对比，离心式增压注水泵初次安装费用高，后期年均维修工作量是柱塞泵的 1/7，年均维护费用基本一样。

表 2　离心泵与柱塞泵对比

设备名称	型号	安装位置	装机功率/kW	注入介质	运行参数				购置费用/万元	维护费用/(万元/年)	排量/(m^3/h)	修理频率/(次/年)	备注
					入口压力/MPa	出口压力/MPa	频率/Hz	电流/A					
柱塞式撬装注水泵	3S100－5.3/25	黑 69 单井	45	清水	0.01～0.5	15	36.9	40	34.19	1.4	3.6	3.56	单井
离心增压泵	ZYZSB130W－200m^3/25	四队 6#水间	45	污水	2～18	20.1	36.9	54.4	42	1.5	8.3	0.5	7 口井增注
	ZYZSB50/25	黑 43－2－1	18.5	清水	2～18	21	35	28	39	1.5	1.25	0.5	单井增注
柱塞式撬装注水泵	3S50－2.6/25	黑 52－6－2 单井	18.5	清水	0.03～0.5	21	27	20	23.1	1.4	1.01	3.56	单井

2　离心增压注水泵的设计原理

离心增压注水泵是把原动机的机械能换成输送液体能量的机器。原动机通过泵轴带动叶导轮旋转，对液体做功，使其能量增加，从而把需要的液体量，由入口经泵的过流部件输送到高处或要求压力的地方。增压，注水泵采用多级单吸离心式导壳叶轮串接组成，其特点是运行平稳注水量稳定、可控性好；在工作时它能够使进水通过叶导轮工作，使水压逐级递增至设计要求，还可用密封保护器止推室来克服使扬程逐级增加叶导轮所产生的轴向力，如图 2、图 3 所示。

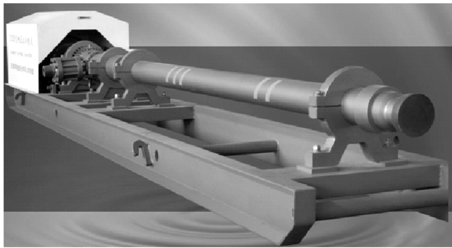


图 2　离心增压注水泵

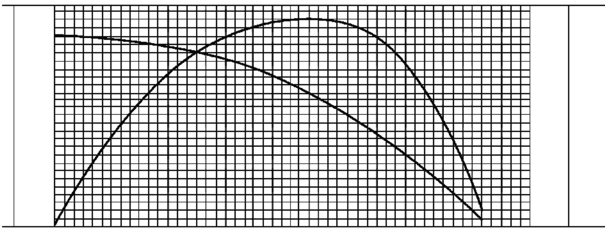


图 3　离心增压注水泵性能曲线图

3　离心增压注水泵结构

离心增压注水泵的整体结构采用分段式结构，既简单实用又维修方便，广泛应用于油田。增压注水泵的总体结构分为密封保护器、泵、电动机。电动机采用了油田常用的 Y 系列 IP44 封闭式三相异步电动机，

通用联轴器与密封保护器连接，密封保护器通过花键与泵连接，然后将电动机、密封保护器及泵用支架固定在底座上，底座采用两根槽钢平焊而成，见图 4。

1）多级离心泵体（串联、固定式浮动式）。该多级离心泵是与美国 REDA 公司合作生产的系列产品，它的结构型式完全采用西方技术，适用于大功率、高扬程、大排量的多级离心泵。

主轴：采用蒙乃尔 K－500 高强度耐腐蚀材料，这种材料的抗拉强度为 960MPa，屈服强度为 686MPa，硬度为 262～310HB，冲击韧性为 $100J/cm^2$，断面延伸率为 28%。目前要求泵轴的直线度为 1000∶0.1，已达到比较高的回转精度。

壳体：采用 45 钢，冷拔工艺加工，具备较高的抗拉强度和较好的刚性与韧性，内表面采用深孔研磨，保证多级导壳装入壳体后的同轴精度，泵壳体内径直线度为 1000∶0.1。为了弥补机壳两端加工螺纹后的强度不足，在两端加安全套箍，增加了安全系数。

方键、卡簧：均采用蒙乃尔材料，具备强度高、耐腐蚀性好的优点，这些不起眼的小部件材质的选用增加了设备的可靠性。

叶导轮：采用镍铜合金，具有无磁、耐磨、防腐等特点。

轴承支架、轴承套：均采用 YG8 硬质合金，取代了 ZQSn10－1 材质，消除了轴、叶轮工作时自身重力的磨耗，提高了泵体的使用寿命。

2）机械密封保护器。

① 密封保护器轴承室如图 4 所示。采用高强度合金钢轴，材质为 K－500，硬度 262～310HB。轴承采用日本进口精工生产的单列向心推力球轴承，型号：7309B，DT 组合形式，承载能力 8200kgf；耐温等级≤120℃，适应转速 3000～4500r/min。经多年使用，证明其疲劳强度高，承载能力大，运转可靠性优于国内同类产品。

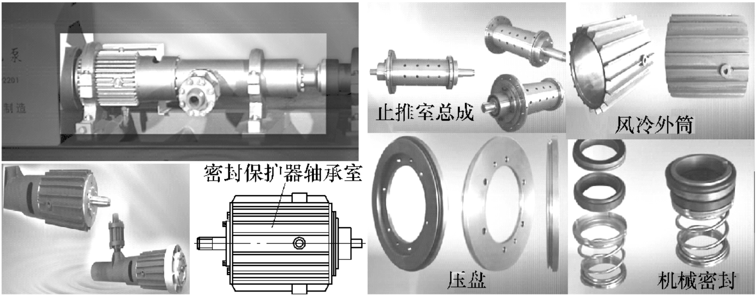


图 4　密封保护器轴承室

② 多级降压密封装置如图 5 所示。该密封是采用多级隔腔浮动环结构，依靠浮动环端面和密封环及浮动环与轴间微小间隙及浮动环工作时的固有特点来节流，实现了密封并在轴下端加反向螺旋；在一定的转速下控制水位向前移动，减小了水漏失量及节流速度；在机械密封进口端及出口端均采用了一个螺旋轴支架，它可以保证轴在运转时起扶正轴的作用，减小离心力，又可以保证在轴运转时控制进水速度。

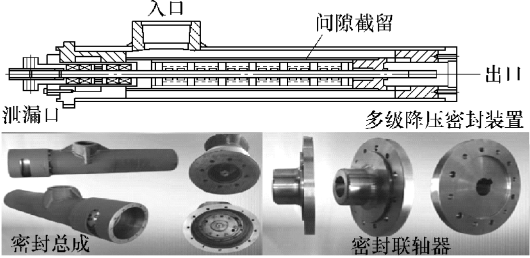


图 5　离心增注泵多级降压密封装置图

3）三相异步电动机选用 Y 系列 IP44 三相异步电动机或 YB 系列 IP54 三相异步隔爆电动机。此型电动

机经多年使用，具有高效、节能、寿命长、性能好、噪声低、振动小、使用维修方便等特点，符合 GB 3836.1—1983 和 GB 3836.2—1983 的规定。

4　离心增注泵特点及工作条件

离心增压注水泵的特点是流量平稳、压力脉冲小、噪声低、寿命长、且维护方便、性能可靠。

（1）特点

1）注水排量稳定、噪声小、无脉冲，对地层不产生破坏作用。

2）结构简单，动力部分不易发生故障，泵的运行过程为旋转高速运动，密封性能良好，可移动性强。

3）管理方便，安全系数高。离心增压注水泵最高压力不会超过额定压力，不能无限提高压力，且运行平稳，无须专人管理。

4）维护工作量小，维护方便，材料费用消耗少。由于结构简单，离心增压注水泵维修方便，保养简单，维修保养占用时间短，泵使用率高，无故障运行时间长，故障停车次数少，整个材料消耗发生少。

（2）机动性强　该注水泵实现撬装，变更井号可整体搬运，减少安装时间。离心增压注水泵适应工作条件较宽，能适应油田现场需要：

1）增压注水电泵进口压力值 2～28MPa，出口压力值≤35MPa，供水量必须畅通充足。

2）水温＜80℃。

3）电源电压：380V（±5%），偏差不超过±1%的三相交流电源。

4）水中固体含量（按质量计）不大于 1%，在水源井轻微出砂，污水介质下无故障工作时间较柱塞泵长。

5）井口压力值小于泵出口压力值。

5　离心增压注水泵在乾安油田应用前景

乾安采油厂目前有 24 口边远水井油套压平衡欠注，其中井组回注污水欠注井 16 口问题需要解决。柱塞注水泵提高系统压力后能耗大，加之水质原因（清水水源井出砂，年均水源井出砂 6 井次；污水固体颗粒及杂质多、温度高、腐蚀强，污水泵较清水泵故障多 2/3）导致故障频繁，维修强度大，维护成本高，影响注水量的完成。离心增压注水泵结构特点决定其适应工作介质要求低；排量范围在 5～32m^3/h，能适应在井组增压从而降低系统压力，使上游注水站设备因降低系统压力而减轻工作强度，延长液力端部件使用寿命，降低能耗。可见，离心增压注水泵较之柱塞增注泵故障概率降低，维护管理难度小，能更好地适应注水工作需求，尤其在适应污水介质方面，具有明显优势。

电能质量分析及治理研究

俞忠民
（430051　武汉卷烟厂）

摘　要：在对武汉卷烟厂配电系统作详细的电能质量测量的基础上，得出了厂电网谐波含量比较丰富的结论，分析了谐波对电网及用电设备的危害；与此同时也对全厂配电系统的无功功率情况作了详细的检测。因大量分散设备的无功功率未进行就地补偿，造成了整个电网的损耗较高。依据对电网谐波和无功功率的实际检测结果，作者经过分析后，拟通过加设动态无功补偿和有源滤波装置加以治理，并给出了详细的治理方案。经研究，治理方案实施后会减少大量的电能损耗，并延长用电设备的寿命。

关键词：动态无功补偿　电能损耗　有源滤波

1　引言

近年，武汉卷烟厂投入了大量先进生产设备和精密控制装置。这些设备的投入运行会在配电网中产生大量的谐波，对整个低压配电系统带来了较大的安全隐患；同时，谐波会造成设备过热、控制失灵、精度下降等严重危害。

2　本厂配电及测量范围概述

（1）配电基本情况（图1）　武汉卷烟厂总容量为11600kVA；其中6台1600kVA变压器，2台1000kVA变压器。变频器和软启动器是一个非线性整流电路，这样变频器输出波形除基波外还含有大量高次谐波，其对电源的波形将有影响，会对电网造成谐波污染。

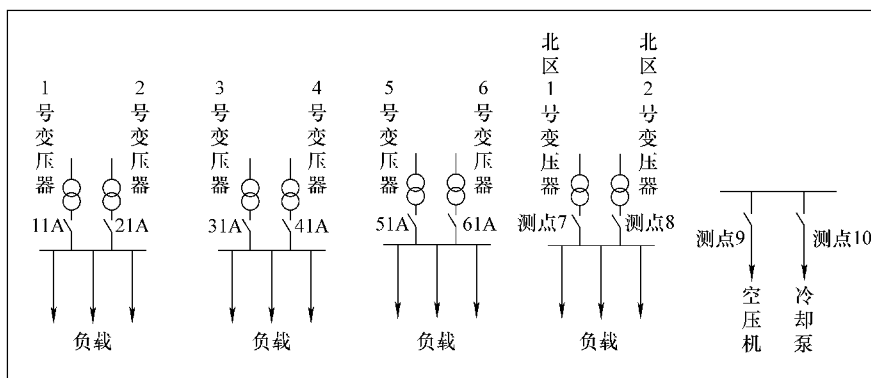


图　1

（2）测量范围及仪器说明　本次对动力中心6台1600kVA变压器和北区2台1000kVA变压器下配电系统电能质量进行了测量，目前8台变压器下采用的是纯电容无功补偿设备。

3　测量结果及分析结论

（1）1号变压器测量及分析　分别测量了变压器在电容柜投入和切除时的谐波情况、相关参数，以1号变压器举例说明：

1）电容柜未投入运行时变压器基本情况（表1）：明显显示功率因数达不到供电公司要求的0.9。电压谐波最大值为A相2.6%，B相2.5%，C相2.4%；电流谐波含有率最大值为A相2.4%，B相2.4%，

C 相2.5%；其中电压谐波最大为5次谐波，具体数值为A相为2.154%，B相2.161%，C相2.079%；电流谐波主要为5次，具体数值为A相1.96%，B相1.80%，C相1.78%，其次为3次、7次。

表1　未投入运行谐波分析

电容柜投运前		A	B	C
3次谐波电流/A	实测值	10.1	17.5	17.5
	国标允许值	62		
	结论	未超标，合格	未超标，合格	未超标，合格
5次谐波电流/A	实测值	34.4	31.2	31.2
	国标允许值	62		
	结论	未超标，合格	未超标，合格	未超标，合格
7次谐波电流/A	实测值	17.8	17.1	17.8
	国标允许值	44		
	结论	未超标，合格	未超标，合格	未超标，合格

2）电容柜投入运行后（表2），电压谐波最大值的具体数值为A相3.7%，B相3.5%，C相3.4%；电流谐波含有率最大值为具体数值为A相8.1%，B相7.5%，C相7.1%；其中电压部分谐波最大为5次，具体数值为A相2.88%，B相2.92%，C相2.61%，7次、9次、11次次之；电流部分谐波主要为5次，具体数值为A相6.38%，B相5.85%，C相5.71%，3次、7次、9次、11次次之。

表2　投入运行各谐波分析

电容柜投运后		A	B	C
3次谐波电流/A	实测值	13.0	14.1	17.5
	国标允许值	62		
	结论	未超标，合格	未超标，合格	未超标，合格
5次谐波电流/A	实测值	93.8	86.0	83.9
	国标允许值	62		
	结论	超标，不合格	超标，不合格	超标，不合格
7次谐波电流/A	实测值	66.6	60.0	57.2
	国标允许值	44		
	结论	超标，不合格	超标，不合格	超标，不合格

3）综合结论：

① 测试现场电压畸变率不算太大，无功补偿电容投入前后谐波电压都低于国家允许值标准；谐波电流总含量从电容投入前的2.5%提升到电容投入后的8.1%，总谐波电流由电容投入前的44A上升到电容投入后的121A；电容投入对谐波电流明显放大，谐波电流主要为3次、5次、7次，无功补偿电容投入后5次、7次谐波电流超标于国家允许值标准。

② 电容补偿前平均电流1763A，视在功率1179kVA，补偿后平均电流1496A，视在功率1022kVA。

③ 功率因数在电容柜自动运行状态下能到达 0. 95。

（2）其他谐波测量与分析　其他谐波测量点结果与分析见表 3。

表 3　其他谐波分析

变压器	电容切除时谐波电流/A	电容投入时谐波电流/A	谐波电流增大比率	检测结论
中心配电房 1 号变压器	44	121	275%	5 次、7 次谐波电流超标
中心配电房 2 号变压器	46	128	278%	5 次、7 次谐波电流超标
中心配电房 3 号变压器	78	107	137%	A 相 5 次谐波电流超标、7 次谐波电流全部超标
中心配电房 4 号变压器	63	91	144%	7 次谐波电流超标
中心配电房 5 号变压器	74	123	166%	5 次、7 次谐波电流超标
中心配电房 6 号变压器	64	116	181%	A 相 7 次谐波电流超标、5 次谐波电流全部超标
北区配电房 1 号变压器	31	66	213%	A 相 5 次谐波电流超标
北区配电房 2 号变压器	34	73	215%	3 次、5 次、7 次谐波电流低于国标允许值，总谐波电流偏大

（3）大型动力设备功率因数

1）动力车间大型动力设备功率因数见表 4。

表 4　动力设备功率因数

设备	额定功率/kW	数量/台	运行时平均功率因数
真空泵	190	2	0. 85
冷却泵	110	4	0. 87
冷却泵	185	1	0. 87
冷却泵	200	1	0. 87
冷冻泵	75	4	0. 87
冷冻泵	90	1	0. 87
冷冻泵	110	2	0. 87
空压机	250	4	0. 83
空压机	275	1	0. 83
空压机	132	1	0. 83

2）制丝车间配电房视在功率约为 900kVA，现场平均功率因数 0. 82 左右（表 5）。

表 5　制丝车间配电房设备功率因数

设　备	额定功率/kW	数量/台	运行时平均功率因数
大灰房起动柜 1	约 135	1	0. 82
大灰房起动柜 2	约 275	4	0. 82
小灰房起动柜	约 85	1	0. 82
除尘间起动柜	约 85	1	0. 82

4　综合分析及治理方案

通过谐波滤波器吸收谐波电流，降低总电流，减少变压器的运行负荷；同时，采用分布就地无功补偿方式提高设备功率因数，减少损耗，使变压器安全节能运行。

（1）设置有源滤波器　通过每台变压器设置1台有源滤波柜既解决了谐波放大的可能，还可以吸收谐波电流，降低变压器总电流，达到谐波降损的节能效果（表6）。

表6　变压器性能参数

变压器	电容投入时谐波电流/A	有源滤波装置设计容量/A	变压器	电容投入时谐波电流/A	有源滤波装置设计容量/A
中心配电房1号变压器	121	APF－150A	中心配电房5号变压器	123	APF－150A
中心配电房2号变压器	128	APF－150A	中心配电房6号变压器	116	APF－100A
中心配电房3号变压器	107	APF－100A	北区配电房1号变压器	66	APF－100A
中心配电房4号变压器	91	APF－100A	北区配电房2号变压器	73	APF－100A

（2）设置分布式就地无功补偿装置　鉴于配电房变压器侧都设置了无功集中补偿装置，并且每台变压器低压侧无功补偿功率因数接近于0.95，而动力设备现场大部分功率因数为0.82～0.87（主要为铜损、线损和其他损耗产生），所以无功补偿方式采用分布式就地补偿。

1）厂区大型用电动力设备部分（表7）。

表7　厂区大型用电动力设备性能参数

设备	额定功率/kW	数量/台	无功补偿容量/kVar（目标功率因数0.98）	可提高有功容量/kW
真空泵	190	2	62	约5.5
冷却泵	110	4	36	约3
冷却泵	185	1	60	约5
冷却泵	200	1	65	约6
冷冻泵	75	4	25	约2
冷冻泵	90	1	30	约2.5
冷冻泵	110	2	35	约3
空压机	250	4	120	约10
空压机	275	1	146	约12
空压机	132	1	50	约4.5

其中需要补偿容量的计算方式为

$$Q = S\cos\varphi_1\left(\sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_1}-1}-\sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_2}-1}\right)$$

式中，Q表示需要补偿的容量；S表示用电设备的视在功率（额定功率）；$\cos\varphi_1$表示补偿前的功率因数；$\cos\varphi_2$表示目标功率因数。

可得动力车间总共需要补偿的容量为

$$\begin{aligned}Q &= 67\times2+35\times4+58+63+24\times4+28+35\times2+98\times4+107+50\\ &=1138\text{kVar}\end{aligned}$$

补偿后可减少有功损耗约为

$$P = Q\times0.09 = 1138\times0.09 = 102\text{kW}$$

2）制丝车间动力设备现场又设置多台起动柜，功率因数为 0.82 左右，目标功率因数为 0.98，通过公式计算可得需要的电容补偿量为 220kVar，考虑到负荷波动情况，可适当增加补偿容量至 250kVar，即制丝车间总共需要补偿的容量为 250kVar。

可减少有功功率损耗约为

$$P = Q \times 0.09 = 250 \times 0.09 = 23\text{kW}$$，无功当量系数取 0.09。

5 效果和效益分析

（1）谐波降损效益　治理方案设计了 8 台有源滤波装置，总容量为 950A，按 5% 等效降低有功电流损耗计算：950A × 5% = 48A；减少有功功率损耗：$P = 1.732 \times 400 \times 48 = 33\text{kW}$。设备运行按平均每年 300 天，每天 18h 工作计算，电费单价 0.65 元，平均每年节省电费开支约为：33kW × 0.65 元/kW × 18 × 300 = 115830 元。

（2）无功补偿增效及降损效益　建议方案配置无功补偿总容量为：1138kVar + 250kVar = 1388kVar，可减少有功功率损耗总容量：102kW + 23kW = 125kW。设备运行按平均每年 260 天，每天 18h 工作计算，电费单价 0.65 元，平均每年节省电费开支约为：125kW × 0.65 元/kW × 18 × 260 = 380250 元。

6 结束语

谐波和无功问题在现代工业企业中越来越凸显出来，电容补偿会将一些特定的谐波放大，继而会有更大的危害。而无功补偿往往是降低电能损耗的主要手段，这两者紧密配合将会给工业企业带来更加稳定的电能供应，能使我们的用电设备工作在更加良好的工况中，并进一步推动工业企业的节能减排工作。

参 考 文 献

［1］ GB/T 12497. 三相异步电动机经济运行［S］. 北京：中国标准出版社.

［2］ 中国航空工业规划设计研究院组. 工业与民用配电设计手册［M］.

［3］ 雷雯. 浅论烟厂配电系统的谐波问题［J］. 安徽科技，2006（4）.

［4］ 朱瑾. 有源滤波器在卷烟行业供配电系统中的应用［J］. 电气时代，2005（12）.

提高设备检修质量的应对措施

牛延铎

（048407　山西省高平化工有限公司）

摘　要：主要提出备品配件质量、检修人员技术水平、工艺技术标准已成为设备检修的“三要素”。做好这些工作，即为设备检修质量提供了可靠保证。

关键词：设备保养　检修　标准　质量

1　引言

怎样才能保证设备长周期稳定、安全、满负荷运行，是检验设备管理部门或维修队伍素质的一个工作标准。这就要求维修人员在设备检修过程中，对设备的重复性故障、多发性故障原因进行定位，高度重视。针对是设计原因、零部件质量原因、使用操作及工艺原因而引起的，采取相对应的措施或办法，即周期性的故障要定期检修；多发性、重复性的故障，要采取局部改造；进行主动维修、状态监测维修，且提高维修质量；再结合工艺、操作、采购配件等一系列的技术措施、管理措施来保证设备能长期稳定运行。延长设备大修周期，是设备管理及维修部门要做细、做好的长期工作。

2　备品备件质量是设备检修质量的物资基础

因备件质量问题造成设备反修，使用周期达不到要求；更换、停机次数多，维修工作量大，维修成本增加，年度维修费用超计划，并影响了生产的情况时有发生。笔者调查了许多企业的设备管理部门及维修班组得出：

1）市场上各种配件鱼目混杂，好坏难分，供应人员专业的知识欠缺。企业采购过程中大多采用货比三家或招标进行，谁家的报价低选用谁家的；选用价格高的供货商，采购人员怕引来误解，受到质疑，怕领导批评。当然应该是货比三家，但价格并不是唯一的选择。前提是：同等的质量比价格，同等的价格比质量，同等的质量、同等的价格比服务；比信誉，而不应认为哪家的价格低就选哪家的，疏忽质量会给维修费用、维修时间带来潜在成倍增长的费用和时间。价格合理质量好的配件，安装好以后能正常使用一个大修周期或更长时间；质次价低的配件，一个大修周期需更换三、四次，几次的配件，加起来的费用比质量好价高的配件可能还高出好多；并影响了生产，维修工作量成倍增加。

2）常常供货商拿到订单以后，第一批、第二批质量都没有问题，如几何尺寸、精度要求都符合图样要求，使用周期都能达到下一次大修期，就是易损件也符合要求。但使用四、五批以后供的配件质量会越来越差，从表面的精度看也不如以前，使用周期也缩短了。如压缩机的活塞环、支撑环、填料，按照要求应使用 5 ~ 6 个月，而后几批只能用 7 ~ 10 天，打气量不足，活塞杆严重漏气，活塞环、支撑环的厚度磨损到 1/2 还多，经设备部门组织有关技术人员分析，认为四氟活塞环材料配方不合理，属于质量问题。但信息反馈到供应部门后，他们认为配件已由检验人员验收，不存在质量问题。对配件质量验收来说，由于配件都在成百上千种以上，不可能配备各种配件的专用检验检测仪器和过多的专业检验人员。这就需要从建立退货和赔偿制度，且赔偿不能只赔配件本身价格，要包括人工费、停机损失，并保证不能再出现质量问题，否则将不再使用其备品配件。

3）公司内机修厂自制的一般性配件，必须按照图样的设计要求，从材料、到加工、成品入库，都要严格验收，决不让不合格的零配件流入到维修班组。如不合格的配件安装后，因质量问题返修，要对各工序负责人进行处罚。

3 维修队伍的技术水平是设备维修质量的保证

（1）维修队伍现状　企业的维修人员技术水平偏低的情况比较普遍。维修工作累、脏，青年人多，虽然他们大多数来自一线的操作工，在操作上个个都是好手，对工艺都比较熟悉，且对设备运转的声音也比较了解，有些还能判断故障部位，所以领导把这些精英充实到维修队伍中来，想快速提高维修人员的技术水平。但是，他们没有钳工基础知识，对设备的性能、原理也不懂。企业想招一些一技多能的专业人员也比较难，而原来的一些老工人、专业人员、技能人才也都离岗，新上任的维修人员吃苦耐劳、积极肯干，但学习积极性不高，专业技术方面也比较欠缺。笔者曾做过一项调查，问他们买过几本技术书，70% 的人员说没有，只有 30% 的人员说买过一、两本；问他们在检修过程中做过工作笔记没有，就是说每次检修前的故障原因是什么、检修过程中更换了哪些零部件、主要配合间隙是多少、检修试车后有什么问题、怎样处理的。不论采取定期检修、预知先修及配件的使用周期都有重要意义，这是最可靠的一手资料，却都说没有（检修档案由维修负责人记录，这里指的是个人工作笔记）。工作笔记是把一些检修程序、工艺技术要求、修理过程等都记录下来，作为一种经验，以备自己查询。

（2）技术水平偏低　无论是从一线抽调的精英人才，还是从大中专招来的知识型人才，没有 3 ~ 5 年的个人学习和实践及公司的培养是不能独当一面的。因为维修工是个一专多能的岗位，要懂钳工基础知识，识图、公差配合、修理工艺、零部件剩余使用时间的预测能力、对故障的识别、故障诊断的准确率、鉴别故障的危害程度需要长期的经验积累。所以要勤快、动手、观察，看十遍不如亲手干一遍，学习、动脑总结经验教训，这些都需要自己的努力、师傅的指点、理论与实践经验的结合，才能不断提高技术水平。

（3）学习培训　现在企业的高层领导者，都在狠抓员工的学习与培训，用人才、科学技术占领企业制高点，培养和提高员工的整体素质，强化各类型专业人才的储备。

学习的形式是多方面的，方法也很多。看书、记工作笔记、讨论问题、技术研讨会、故障分析会、总结经验教训都是学习。企业要为员工创造一个好的学习场所和学习气氛，你学、我学、大家都在学，学技术、学管理、学文化、学做人。车间、设备管理部门要对故障的原因、潜在危害因素多召开一些分析会，让员工积极参加，且主动发言、互相交流，把学到的理论知识和好的经验应用到解决实际问题中来。

培训要针对实际问题，请进来走出去。请一些润滑、监测、诊断等方面的专业工程技术人员进行培训，内部请一些离职工程师、有经验的老工人讲授一些诊断故障的好方法、好经验；引导员工积极学、主动学，办一些技术专栏、专刊进行交流讲授，提高维修队伍的整体素质。

4 维修工艺技术标准是设备检修质量的依据

1）企业的设备检修工艺技术标准，没有一整套成熟的工艺检修标准。大多数参考设备出厂时说明书规定的标准，而这些说明书一般大型设备配备，标准也不全面、不完善。一些小型设备只有很简单的说明书。在检修过程中，就得依靠老师傅和一些工程技术人员的经验或查找有关资料作参考。

如一台往复压缩机，十字头销与连杆小头瓦的间隙，出厂说明书的标准间隙是 0.12 ~ 0.16mm；随着设备投入运行时间的增加，间隙增大到多少以后不能继续使用，都没有给出数据。通过测量十字头销直径是 $\phi140^{+0.01}$，而连杆小头瓦是压到连杆小以后再镗配到标准间隙 0.12 ~ 0.16mm；经过一、两个大修期使用以后，十字头销的圆度、圆柱度磨损到哪一极尺寸还可继续使用，在磨损到哪一极尺寸不能使用必须更换；小头瓦内径磨损到哪一极尺寸还可继续使用，磨损到哪一极尺寸不能使用需要更换，极限尺寸是多少，这些数据都没有。查阅了有关资料也是根据经验计算，这些数据也比较模糊。

2）设备的检修工艺技术标准都掌握在一些工程技术人员的脑子里、笔记本里，这些人员工作年限长、经验丰富、知识面广，是检修队伍里的核心力量。在检修过程中，他们结合出厂时的有关数据，且根据自己多年的工作经验，了解到设备的运行状态、工作时间，以及能预测出设备零部件剩余的使用寿命，为设备检修提供了技术依据。如果设备部门的技术人员结合检修一线有经验的老师傅，编写一整套成熟的检修工艺技术标准，如轴、瓦的标准间隙是多少，磨损到哪一级可继续使用，在磨损到哪一级为极限尺寸；轴的标准尺寸是多少，圆度、圆柱度磨损到哪一级可继续使用，磨损到哪一级为极限尺寸等；其他零件也是如此。这样设备在检修时，这些技术标准就可以参照执行；若得到实践的验证，这将是企业的宝贵财富。

5 确保设备长期运行遵守操作规程是关键

一台设备从出厂到安装、调试运行、交付生产使用，要编写操作规程一并交使用部门；大修后的设备通过试车验收，第一次换油时间列出清单及注意事项移交使用部门。这可使相关人员在操作中能够认真执行操作规程，保障设备平稳、安全、长期、满负荷运行，使设备不超温、超压、超负荷生产或不“带病”运行。这是设备长期、稳定、安全进行的基本保障。

6 正确的维护保养是设备长期运行的必需条件

维护保养是一项认真细致的工作，即按时加油、换油、紧固、调整；把絮乱的东西收拾好，不用的东西清理掉，把使用的东西放置整齐，备件备齐；把设备上的油污、灰尘清扫干净；执行好“五定、三过滤”，经常检查、紧固、调整；定时按周期进行保养，不能因工作任务紧，拖延保养时间。尤其化工设备大部分在高温高压、易燃易爆的环境下工作，对润滑油的使用影响很大，尽可能按保养周期进行，否则可带来潜在的危害因素。

7 结束语

设备检修是一个系统工程，且环环相扣，哪个环节出问题都可能带来严重后果。要抓好设备检修“三要素”，即：①备品备件质量；②检修人员技术水平；③检修工艺技术标准；并认真执行操作、维护保养规程，它是设备长期、稳定运行的最基础工作。从此以后，因设备达不到使用周期造成返修的，由原来的15% ~20%降为零。总之，设备的使用时间是检验设备维修质量的标准。

浅谈化工设备管理的新思路和新方法

常世芳
（444200　湖北省远安县江河厂计量理化室）

摘　要：化工企业设备的管理工作是企业保障生产顺利进行及良性发展的关键。作为化工企业，必须走不断地重视设备管理，细化设备管理工作的内容，并结合自身企业的特点，不断探索创新更多的有利于企业设备管理的新方法和新策略之路。

关键词：化工企业　设备管理　全员管理　预知维修　节能管理

化工企业的设备管理工作是一项庞大、复杂的系统工程，它不仅是企业安全生产的保障，而且是企业提高产品质量和生产效率的重要因素。每个化工企业都有各自企业的特点，要根据自身企业的特点，寻求适合自身企业，且行之有效的设备管理机制和方法，并不断探索创新更多的有利于设备管理的新思路和新方法，为企业的良性发展打下坚实的基础保障。

1　全员设备管理

设备是实现本质安全的基础，是实现企业最大化效益的重要保障。如何发挥设备使用寿命期内最大安全功效为企业服务，已成为每个化工企业设备管理人员要考虑的首要问题之一。根据本人从事多年的化工企业的设备管理认为，要做好全员设备管理，首先就要充分调动设备管理者、操作者和维护者的积极性，转变重使用、轻维护的旧观念；强调设备的维护保养，倡导预防为主。可以开展以车间主任、书记为组长的组织结构，制订《设备承包实施管理办法》，将设备按照类别等进行划分；采取班组长分片承包，操作人员分台承包的办法。做到台台有主人，条条管线有人管，人人都有承包任务。在日常管理维修中，每个人都要检查设备主体有无损坏、保温防腐有无缺损、管线设备是否振动，温度计、压力表、阀门等是否异常。班组每周应对班组成员的设备管理进行考核评比，让他们由被动管理逐步变为主动管理，并逐步成为设备的主人。

2　强化设备培训

目前，各化工企业存在一个比较普遍的问题，操作人员都只管自己会使用设备，至于怎样维护保养及日常故障的排除方法并不太清楚，岗位员工严重缺乏设备知识，针对这种情况，可以在班前会和收班会的时间，集中组织学习。授课人员一般由设备管理技术人员担任，授课人员不仅要讲解设备的原理、结构、性能、用途及正确使用要求，而且还要讲解如何维护保养设备。特别是使用过程中的注意事项及常见故障的排除方法，让员工不仅有热情干，更有能力干好，还知道怎样干。在此基础上可以经常组织大家互相学习，共同提高设备管理技能。这样使员工从初识管理设备逐步到深入了解管理，从只管使用不管保养到会保养及会排除日常故障的水平，从而提高现场设备的整体管理水平，让岗位员工从中体会到成就感。另一方面，要加强设备管理人员的培训，不但要求设备管理人员必须熟悉掌握机械专业理论实践知识和国家有关设备管理的法规政策，还应懂得有关工艺、安全、节能等专业知识。企业要大力实施设备岗位培训制管理，有计划、分层次地组织开展设备管理人员业务理论知识和生产相关专业技能的培训。同时，积极开展国内外设备技术交流活动，进一步提高设备管理队伍的整体素质和工作水平。

3　大力推行预知设备维修

设备的好坏对生产的影响越来越大，因停机对生产造成的损失也就越来越大。如何提高设备的可利用率、降低设备的维修费用，以及最大限度地减少设备停机损失即如何使设备达到零故障，是目前企业管理的主要内容，因而采用预知维修管理也是历史发展的必然趋势。

预知维修是一种以设备状态为基础的预防维修。它是以设备日常点检和定期点检的结果为基础，依据点检掌握的设备缺陷，借助感官经验、状态检测和技术检测等方法进行综合分析判断，确定设备最合适的修理时机和更合理的修理方法，进而排除故障，恢复设备性能。尤其是化工企业里面的一些压力设备要定期进行检查，仪器仪表要定期进行检定，这样提前对设备进行保养和消除故障隐患，避免了因设备问题而产生安全和质量事故。

预知维修的特点是将设备的故障和性能劣化苗头消灭在萌芽状态，避免了机械设备的突发故障，从而排除了被迫停机影响生产。致使设备始终保持正常的工作性能，杜绝了因设备突发故障给生产造成的中断或维修费用的严重超支，也避免给企业造成重大损失。

4 节能管理

随着随着科技的进步，计算机的快速发展与普及，开辟了工业制造的新领域。根据企业实际情况，逐步更新和改造现有低效、高耗、老化严重和存在安全隐患等设备。加强设备购置管理，努力化解设备投资风险。对新购设备要立足生产需要，从技术性能、市场应用质量、能耗和技术支持等方面，认真进行经济评价和技术论证。对于老化严重、存在安全隐患、目前无资金更新、生产又离不开的大型设备，要多方协调，采取措施进行重点改造。对已经到报废年限却仍在生产现场服役的主要设备，要实行特殊监控护理，把设备故障率降到最低。对低效高耗的设备，要应用三新技术进行节能技术改造，努力提高设备效率。

5 结束语

化工企业作为我国经济支柱产业之一，为我国经济的发展做出了巨大的贡献。在化工企业生产发展过程中，由于企业所需生产设备种类多、数量大，且操作性和专业性强，只有不断探索创新更多的有利于企业设备管理的新方法、新策略才能为企业更好地服务。

谈设备引进前期管理的创新研究与应用

葛晓森　巩建敏
（256407　山东泰宝防伪技术产品有限公司）

摘　要：通过20多年来的设备管理经验，对新设备引进前期管理的重要性进行了总结，并大胆提出一套设备引进前期管理的创新研究。经应用和验证，是可行的。且在设备管理引进领域得到了推广，大大降低了设备引进的风险。

关键词：设备前期管理体系　设备投资规划　可行性分析申请报告　设备技术要求的制定

大家可以先看一例子“一台价值100万元的大型设备，如5年不用，按企业最低利用率15%计算，100万元5年末，本利和 $F=100$ 万元 $(1+0.15)^5=201.14$ 万元，设备积压5年，给公司损失了101.14万元，等于断送同一台大型设备。用复利的方法进行经济分析可以帮助我们树立“钱能生钱”的时间价值观，从而更能充分有效地去利用各种设备资源，不至于造成重大浪费。

再举一例，一台设备引进需要资金50万元，设备引进后由于制造技术没有成熟，设备本身机械设计存在缺陷，但是设备必须要用，于是一年下来维修费用是5万。

从以上例子可知，设备利用率不高（最多30%）；引进后需要改进才能用；引进后重新开发设备的功能或设备引进后闲置，或设备维修率较高。针对目前诸多厂家普遍存在以上的问题，对造成以上问题的主要原因进行了分析得出一结论：设备引进（选型）不明确造成的后果。因此大胆提出了一套管理体系：设备引进前期管理体系即“SQGT”包括设备投资前期规划和实施阶段。

多年来在本公司推广使用，并取得了显著成效，也是一套符合我国国情的创新管理体系。20世纪80年代后期我国进入一个新的历史时期，企业为了实现自己的利润最大化，且在竞争中保持优势，就需要投资。投资的固定资产大部分是设备，占企业固定资产的70%以上，因此设备投资适当与否关系着将来企业的经济效益。

原来只对设备使用阶段的局部过程管理，改为以设备一生为对象，以追求设备寿命周期费用最经济为目的管理理论和管理体系。现在全球都已认识到设备前期管理即投资阶段决定了几乎全部寿命周期费用的90%，直接影响着企业产品成本，关系着企业战略目标的实现。

1　设备前期投资规划

设备的投资规划包括设备投资规划的工作范围、设备投资规划程序。

（1）设备投资规划的工作范围。

1）设备投资的原因。①扩大生产规模缩短生产周期；②产品更新换代和新产品试制；③工艺技术改进；④科学研究的需要；⑤节约能源和原材料；⑥环境保护和安全生产；⑦旧设备更新；⑧国家政策；⑨国内外新型设备的发展信息。

2）设备投资规划工作范围。①设备规划的调研、方案分析；②计划编制、费用预算、实施程序；③设备安装工程的预算、实施、附属设备和验收；④对设备规划及工程的经济效果进行预测。

（2）设备投资规划程序。

1）任务的分解与投资项目的申请：将公司发展规划所列的经营目标——分解给下属单位——各单位根据所承担的任务提出增加设备的项目申请。

注意：不能一时需要而轻率提出申请计划，必须预计设备的投资利用率，技术发展方向等初步调查研究，即可行性分析申请报告。

2）项目确认：规划部门收到申请汇总后，对他们进行研究和组织调查。即：①企业主观因素如申请的背景和理由、现有设备的利用率、厂房条件、资金来源、技术发展方向、劳动力匹配等；②设备选型因

素如设备规格、技术性能、故障率等；③设备制造厂家的因素如制造厂的历史和技术力量、产品的发展过程、该型号设备的新产品发展和改进计划；④费用方面的因素如售价、安装费、附属设备等。

根据以上调查的资料估算各方案预期的经济效果，并进行比较、分析评价。一般设备项目由企业的主要经营者作出决策，经批准确认才能成立。

3）投资方案的设计。将已确认成立的项目汇总。设备规划部门会同生产、财务等部门，依据生产和项目进度要求、资金情况，以及配套工程情况等因素，设计出投资规划的实施方案；并列出实施规划的顺序和进度、使用资金的日期和数量。企业主要经营者批准后，作为企业生产经营规划的一个组成部分下达实施。

4）投资效果评价标准的制定。对投资项目或系统的功能、效率和效益，应在投资前期确定、评价标准，作为投资时期对项目或系统进行验收的依据。

2　设备的实施阶段

设备实施阶段包括：设备选型的程序、设备订货、入厂前验收及打样、设备引进等工作。

（1）设备选型的程序

1）依据投资项目的申请可行性报告书，制定出科学严谨的设备技术要求，尽量量化一些参数。特别强调的是：①技术要求的制定应遵循的原则：生产工艺上适用、技术上先进、经济上合理。三者统一权衡。②技术要求的制定应考虑的问题：a. 工艺性；b. 生产效率；c. 可靠性；d. 经济性；e. 维修性；f. 安全性；g. 环境保护性（无废气、废水环境污染和噪声）。③制定技术要求的依据：a. 依据工艺需求准确客观求实选择设备的一些功能；b. 正确利用现有设备使用的一些信息。

2）对技术要求的确定。让相关部门对技术要求反复论证或修改，有相关领导签字确认。

3）预选。利用网络或展会一些资料广泛搜集相关设备。

4）细选。它是在预选的基础上的，重点选择几家。

5）确定型号与设备制造厂家。从工艺性、技术先进性、经济合理性等进行货比三家后才能确定，或到设备的制造厂家的现场去考察或打样或到已使用客户去打样或了解设备性能的优点及不足。

（2）设备的订货　合同的鉴定。包括合同的鉴定时间、地点、价格（含税价）、按技术要求制作、保修期限、运输方式及运费、付款方式、违约责任、合同的有效期限等，千万不能凭感情签订合同。

（3）设备入厂前的验收及打样　入厂前的验收可以组织相关人员到现场去验收或打样。看是否按设备的技术要求制造或打样是否合格。如达不到提出的技术要求或打样不合格，应马上整改。继续验收或打样直至合格。

（4）设备进厂　具体验收步骤：①开箱检查；②设备安装调试；③设备的试运转及精度测试；④设备的验收；⑤新设备完好鉴定。

总之，设备前期管理最关键的是设备的选型，即：①投资项目的申请可行性报告，要客观反复论证。②设备技术要求的制定要客观反复论证，只要有一个环节出错，给公司造成的损失很难挽回。多年来的实际应用验证，设备投资是高风险的，相反能遵守设备前期管理体系的原则出发，也可以把高风险化为零风险，从而提高设备利用率的最大化。

机泵联轴器对中测量与机宜鉴识应用

郑　炘

（061103　大港油田第二采油厂物资装备部）

摘　要：在车间设备的维护中，泵机组联轴器的测量对中调校是不可缺少的检维修技术。两轴对中质量好就能护持机组轴承运转良好的动力特性、降低泵机组振动、控减机组衰竭衰朽、控减机械运行附加能量的电能耗损。本文简述卧式机泵中间有短节轴的联轴器必须掌握的对中技术、技法，以及启用联轴器对中测量方式查找振源的优势效果。所述技法对有众多泵机组车间员工用活对中测量技术、提升排查鉴识技能、确保车间生产效益递增，有启示指导性作用。

关键词：泵机组　调对中　实技能　保质量　助判断

1　引言

泵机组可靠性运行的最大问题即两轴端同心度失调，即使旋转机泵设计再好、安装再仔细，但若泵与电动机的联轴器对中差，两轴旋转必然卡涩，且会造成较大的强迫振动，还会增加附加能量无用功的电量消耗；同时也导致联轴器、密封填料、机械密封、叶轮密封高磨耗早振坏、轴弯曲。联轴器对中差还能引发泵机组高频振动，虽然单一的两轴对中差不能造成高频振动，但联轴器对中差要与其他部件的另一个振源相位接近，导致两个振源的叠加就可能出现高频振动，消除联轴器对中差的故障，也就避开了由此障源引起的高频振动。所以，必须保证泵机组联轴器对中。联轴器种类结构不同，测量对中必须选合适的对中技术和适宜技能，怎样把对中技术应用好，下面简述了中间有短节轴的两种联轴器在测量调校对中时使用的工装器具和维修技能，以及确认对中质量排查判断故障源的应用。

2　必须使用进步器具测量，确保中间有短节轴金属膜片联轴器对中

传统的联轴器在旋转中，检验经过对中调试后的质量要靠测振仪监测提取振动值、视域振动频谱图识别。近几年随着新技术、新材料结构件的出现，有众多的泵机组安装了高效节能型金属膜片中间装有短节轴的挠性联轴器，这种金属膜片联轴器的优点是具有吸振、隔振、耐磨等性能，可降低机械损失，还具备补偿轴向和角向位移较大的能力。但是，也暴露出这种联轴器对中差运行难捕捉到，导致金属膜片损坏过快的弊端。从测量诊查看到，这种结构由于吸振、隔振，当泵与电动机联轴器对中差、超出高限规定值（0．3mm）6 倍或低负荷的情况下，振动仪表采集信息拾取不到联轴器对中差振动速度值高的信息。而且这种联轴器的对中测量，使用传统的百分表、塞尺、直尺等测量工具测查，径向对中数值太大，轴向倾斜值更难掌握。这些传统工装器具的测量结果难以保证准确可靠，就需要使用先进技术工装器具，电子数显机泵对中仪就是其中一种量身定做的进步测量工具，它能规避百分表法等对中测量受限的弊端，且保证测量的精度。下面简述使用传统测量工具测查中间轴金属膜片联轴器暴露出的数值不可靠原因，以及使用电子数显机泵对中仪实施对中测量显现的益处。

图 1 显示 D4 – 44 – 00D45 型金属膜片联轴器结构，图 2 电子数显对中仪固定在联轴器的垂直测点，径向、角向倾斜偏差值的测量，图 3 联轴器的水平测点，径向、角向倾斜偏差值的测量，此金属膜片在圆盘法兰中安装如图 4 所示。

在泵、电动机两半联轴器与短节轴联轴器两法兰盘端面之间装有金属膜片组合成的中间轴联轴器，这种金属膜片组合成有中间轴的联轴器，使用百分表法测量难准确掌握对中值。其原因是这些器具本身很难牢固的地贴在联轴器上，百分表及附件在联轴器上持贴性差，测量就不能够可靠测出联轴器的歪斜同轴度和平行度。为了能更深理解，再作细致说明，即由于泵与电动机之间的联轴器有中间短节轴，导致泵与电动机两联轴器之间测量距离长，使用百分表测量，将磁性 V 形槽块吸附在泵的联轴器，V 形槽块卡住连杆

一端，两个连杆再串接，另一端的连杆终端在卡住百分表，表顶针持顶在另外的电动机联轴器。这种长距离串接的传导，传递过程的紧固力就会逐渐衰减，到百分表端持紧力弱化。另外，测量查看偏差值要旋转联轴器，由于百分表自身的重力，有可能随重向力微移；使用直尺法测量，掌握测量值难度更大。这是因为金属膜片组合成的中间轴联轴器，泵的两半联轴器与电动机的两半联轴器外圆的宽度（厚度）较窄。所以，使用直板尺加塞尺对两基准面径向测查更难掌控，视觉也更难观察轴向倾斜角度的偏差。不能可靠准确地显示测量数据，当然也就难保证联轴器对中调校后的的高质量。要规避这种测量方式的短板，就必须选用其他的途径测量方式。方式之一，可选用电子数显机泵对中仪。电子数显机泵对中仪采用了现代先进电子数显技术，配有两个 V 形槽块、高性能磁钢，可以在两端牢固地吸附在直径大小不同、各种结构的联轴器上。这不但提高测量精度，减少测量误差，而且大大提高调校的效率；测杆使用长短可调，测杆任何位置都可为零，测量过程直接显示出正负数值；也不受周围机器环境振动干扰，具有精度高、误差小、结构合理、性能可靠等优点。使用电子数显机泵对中仪测量对中，是日常维护机泵一种利好检测方式，而且电子数显机泵对中仪价格要比激光对中仪低得多。



图 1

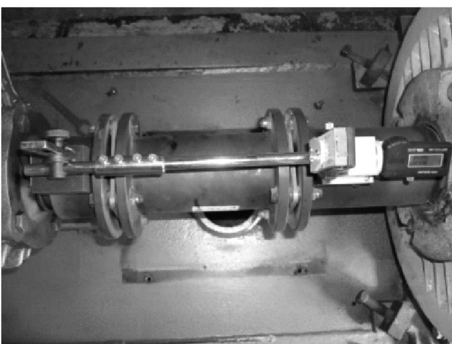


图 2



图 3



图 4

两半联轴器测量同轴度（径向位移或径向间隙）和平行度（角向位移或轴向间隙）的对中时，使用电子数显机泵对中仪测量联轴器对中的方式，与使用百分表、直角尺等测量联轴器的同轴度和平行度方式是相同的。测量时在联轴器外径圆确定上下左右 0°、90°、180°、270° 四个测点，测量仪表调零，旋转联轴器，上下对应看、两侧对应视阈偏差值；再依据偏差的量值做调试，上下的偏差调试需要选用不同薄、厚的垫片对电动机的低侧做加减量值的调整。需要说明的是，为确保上下量值运行变动小，对电动机下侧所置放的垫片应不超过 4 片，两侧偏差调整移动电动机位置即可。

3　必须分段调试泵与电动机中间短节轴，一侧刚性连接的联轴器对中

如果泵与电动机中间有短节轴，一侧是刚性连接的联轴器，这样组合形式实施对中，需要分段渐进调

试。在准备对两半联轴器调校对中前，首先需要测量一下泵轴、电动机轴半联轴器自旋转的跳摆量，检查联轴器自旋转有无瑕疵，自旋转一圈跳动量不应超0.05mm。如果中间有DF型短节轴联轴器，再将短节轴联轴器刚性连接到电动机的半联轴器上。DF型短节轴联轴器位置，如图5所示。怎样确保DF型短节轴联轴器的对中，这里将必用的测量调试做法做个介绍。DF型短节轴联轴器安装在泵轴半联轴器与电动机轴的半联轴器之间，与电动机轴的半联轴器刚性连接，与泵轴联轴器采用柱销孔挠性连接，短节轴联轴器刚性连接后自旋转不能有较大的跳摆动，如果连接后短节轴联轴器自旋转出现了较大的跳摆动，自然无法找泵轴与电动机轴的对中。实施机泵联轴器对中测量调校，短节轴联轴器与电动机轴的半联轴器刚性连接后，对中是否良好往往不被现场人员关注，所以，也就不检验短节轴联轴器的摆跳，由于忽视这项工作不测查，泵组出现振动大的根源常是这个部位。造成短节轴联轴器旋转出现径向跳动大的根源有，车工加工此件一刀活没掌握好，端面垂直有瑕疵，刚性连接端面的垂直偏差大或在维修过程中敲击端面变形。由于这些隐性故障的可能存在，短节轴刚性连接后必须测查调试。怎样保证短节轴联轴器运行径向摆动量小，需用百分表法测量检查，通过加薄垫片调校找正。

图6为磁性V形槽吸附在机组公共底座，两个拉杆连接，在装好百分表，百分表顶针顶在与泵联轴器连接的短节轴联轴器外圆上，将联轴器旋转一周，查看百分表指针跳动量的值（电子数显机泵对中仪不能测量）。跳动量大时，可对短节轴联轴器与电动机联轴器刚性连接端面间加薄铜皮校正。校正后的短节轴联轴器、在靠近泵端直径小于200mm的法兰圆盘径向跳动应控制在0.05mm以内。

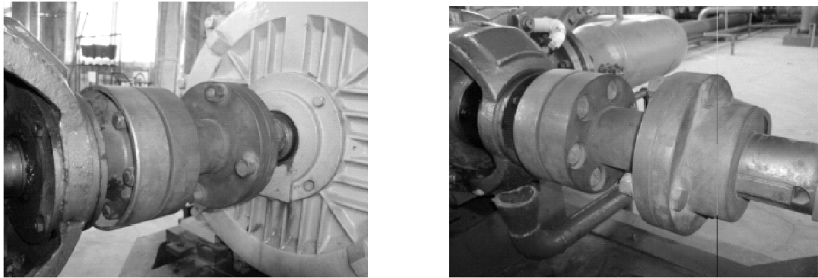


图 5

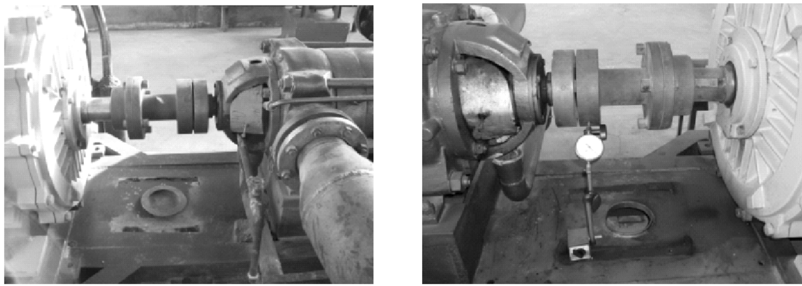


图 6

4 实施联轴器对中测查，突破判断故障的困境

维修机泵测量调校联轴器对中，能确保泵机组运行振动小延长使用寿命周期。在查找判定振源时，实施联轴器对中检查，直观分辨排查机组主因振源。机械振动是设备常见的故障，振动大有时很难判准振源，这是因为引起振动故障的因素特性在性质、特点及作用方式上的不同，机械功能状况和所受害的具体情况也不同，有些故障和征兆之间不存在简单的一一对应的关系：一种故障可能对应多种征兆，一种征兆也可能对应多种故障，同种征兆可能对应多种故障形式；特别是部件集中，故障界限难区分就更难判准；还有，不掌握以往设备的状态信息链，在常规测量点监测时手持仪表操作空间小受限，以及不具备从三维测点采

集的信息综合分析判断，或信息量少不能满足识别分析需要，都将造成诊断故障定根源的难度。这就需要在采用相关的途径来做进一步的识别分析，如果选用分层次诊断排除法，应先实施联轴器对中测查，确认联轴器有无问题，这样必将受迫振动振源圈定缩小了范围。这里列举应用振动频谱图图释鉴识在接续对中测量排查振源的做法，分析型振动监测仪在联轴器两侧的轴承室测点径向采集振动信息，频谱和波形特征凸显出一倍频率或两倍频率高峰谐波故障时，就很难直接确认是哪个部件出现了振动故障。因为，显现的一倍频率或两倍振动频率异常症状产自旋转部件、支撑部件、传动部件涉及面广的故障源。详细地说，显现一倍频率或两倍振动频率不止是两半联轴器轴向、径向对中差故障导致，如果联轴器对中无大问题，但两半联轴器内的联接螺栓销节圆不同心，也会造成圆柱销蹩脚。当拧紧螺栓销后，两个转轴就会偏心，这同样会凸显一倍频率、二倍振动频率故障；还有，联轴器邻近的轴承支架（轴承室）机加工精度差，组装后中心孔径不对中，也显现一倍频率或两倍振动频率故障；再有，转轴如果存在纵向裂纹，也显现一倍频率、较大的两倍振动频率故障。另外，异步电动机定子与转子之间气隙偏心，磁拉力不平衡，定子电磁振动，振动频率为电源频率的两倍，还会显现两倍频值高的信息；振动频谱图只凸显孤立的一倍频峰高值，振源有可能来自联轴器轴向倾斜过大，但转子质量不平衡也显示一倍频故障，这种多因素交叉关联的关系，以及一种异常振动故障诱因来自多源的不确定因素。如果还存在监测条件的不完美因素，以及设备做工不稳定的变频运行，都要增加辨识难度，且容易误判。如何在下一步进行判源究根，首先检查测量联轴器组件是否存在故障，当然还必须确认滚动轴承无故障；掌握了联轴器对中良好部件无瑕疵的信息，在与汇集的各固定测点采集到的振动、温度及声质信息整体的分析辨识，就将振源定位在较小范围，如图 7 所示。



图 7

5 采集冷热对中运行状态信息，助力后行的机泵经济使用维护

鉴定联轴器对中后的运行效果，应该采用冷热状态运行检验。联轴器对中分为冷对中和热对中，冷对中是机组静止下的对中，热对中是机组运行一段时间后，机组在热膨胀状态下的对中。热对中的测量，在机组停运后，立即用对中仪检测一下联轴器对中值，掌握该机组在冷、热状态下的偏差值，有益后行做精进维护，特别是大型多级泵轴系转子组装的部件多，以及轴承支架等机件存在加工精度偏差、转子部件间连接安装误差、工作状态下热膨胀、承载负荷后的变形等，这都有可能会造成泵机组运行时转子轴线之间产生不对中，导致联轴器不同心。所以，必须检验大型卧式多级泵机组联轴器冷、热状态对中变化值。除此，还要实施冷热对中运行状态的振动监测，及各部位在冷热状态下的温度值，冷对中振动监测在机泵刚启运时实施，热对中监测在运行 1h 以后进行，将对中仪表测量的数据在与测振仪表提示的振动谱图信息及温度进行比对，分析冷热状态运行的变化及偏差大的起因，这样就有助后行的对症维护和机组运行参数的调整最佳状使用。

6 结束语

综上所述是经验做法，操作性强。泵机组联轴器的对中是不可缺少的维修技术，它是确保泵机组使用效益不可缺少的做法之一，也是拥有众多机泵的车间，整体维护使用上水平其中一项很重要的精进技术管理，泵组对中作业的高质量可实现低振动，以及确保设备低损耗运行，还能延缓机组衰老。

巧装星箭杠杆式气动截止阀

常世芳

（444200　湖北省远安县江河厂计量理化室）

摘　要：在实际操作中，提供了一种装备星箭杠杆式气动截止阀的方法和具体步骤。

关键词：星箭杠杆式气动截止阀　装配　节约

1　引言

星箭杠杆式气动截止阀广泛应用于石油化工、船舶、压缩机系统等易燃、易爆、强腐蚀、强氧化等高压气体及流体管路系统中的高压输送控制，用于控制管路的通断。它主要由工作腔、控制腔和杠杆三大部分组成，目前使用较多的主要是 Q310F－230、Q320F－200、Q332F－200 和 Q340F－200 四种型号规格的杠杆式气动截止阀。通常它是通过 G2/5DCF6－0 实现快速开启或关闭，可实现远程控制和计算机系统或可编程控制。

2　使用

在使用过程中，当杠杆式气动截止阀运行到 3000 次左右时，就会出现故障，主要是杠杆式气动截止阀的工作腔内阀杆的阀芯端面聚四氟乙烯 O 形密封圈经过高压气体或液体的冲蚀磨损后受到损坏。尤其是高压输送的气体或液体不纯，含有较多细小颗粒的杂质时，阀芯聚四氟乙烯 O 形密封圈的端面很容易出现不平或凹陷现象，导致密封功能失效。轻者出现供气或供液有误差现象，重者是截止阀关闭时密封功能失效不能正常使用。出现这种情况后一般就需要维修，但在维修过程中，维修人员多因拆卸后无法将工作腔内的阀芯和直通接头装配到位。有的甚至经过数次反复拆卸装配后，在使用的过程中还是因为没有装配到位而出现漏气或漏液体的现象，有的使用单位遇到这种情况后就寄到厂家进行维修。目前厂家维修费用比较昂贵，少则五六百元，多则一千多元。有些使用单位因维修费用昂贵，干脆就将出现故障的杠杆式气动截止阀扔掉，再购买新阀。而目前市场上购买一个新杠杆式气动截止阀需要三千多元，浪费太大。根据笔者多年的实践经验总结，出现这一故障的主要原因是由于工作腔内阀杆上阀芯内的聚四氟乙烯 O 形密封圈端面与进口的直通接头的端面经过数千次的高压碰撞后，在杠杆式气动截止阀关闭时造成阀芯内的聚四氟乙烯 O 形密封圈端面与直通接头的端面之间有缝隙，密封功能失效。出现这种故障后，应立即停止实验。在关闭气源或液源和排空管路剩余气体或液体的情况下，安全卸下气动截止阀，拆掉工作腔和控制腔阀杆上的插销及进口的直通接头，用气体吹净工作腔内的杂质，取出阀杆，仔细观察阀芯上的的损坏情况。

3　安装

一般情况下，O 形密封圈在出现上述故障后端面磨损不严重，还可以继续使用。这时首先将阀杆继续装上，在原先的基础上将阀杆略向工作腔内的方向装配，调整工作腔和控制腔阀杆上的锁紧螺母。其次，在杠杆式气动截止阀处于关闭的情况下，再进行安装进口上的直通接头，当感觉直接接头的端面顶着阀芯的聚四氟乙烯 O 形密封圈端面时，停止旋紧外套螺母。也可以用吹气的方法来检验是否装配到位，方法是在杠杆式气动截止阀关闭的情况下，往工作腔进气口里吹气，感觉吹不进去气时就可以判定阀芯的端面与直通接头的端面装配到位，可以重新使用了。反之还应紧固直通接头上的外套螺母。若在使用过程中又出现漏气或漏液的现象，应停止实验。在关闭气源或液源和排空管路剩余气体或液体的情况下，再将直接接头上的外套螺母进行紧固就可以了，直至阀芯内的聚四氟乙烯 O 形密封圈端面彻底损坏。不能继续使用

时，可以用 PET 尼龙棒等材料加工一个外径 16mm，内径 8 mm，高 3 mm 的 O 形密封圈（四种型号规格的 O 形密封圈尺寸大小一样），用木榔头或橡胶榔头将 O 形密封圈敲击装入阀芯内继续使用；更换后的阀芯使用寿命是原装阀（3000 次左右）的 8 倍之多。

4 结束语

小小的装配技巧，可以解决大问题，同时日积月累，可以为企业节约一笔不少的资金。

高炉泡沫渣成因、影响及预防措施

崔　春

（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：根据炼铁工艺特点，冲渣系统采用了非常规 INBA 技术，但在使用时过程中产生的泡沫渣，对冲渣系统设备设施正常运行造成较大影响，介绍泡沫渣成因、影响及预防措施。

关键词：冲渣系统 泡沫渣 成因 影响 预防

1　引言

日照钢铁有限公司高炉冲渣系统采用的是比较先进的非常规 INBA 法（茵芭法），其主要的工艺流程如图 1 所示。

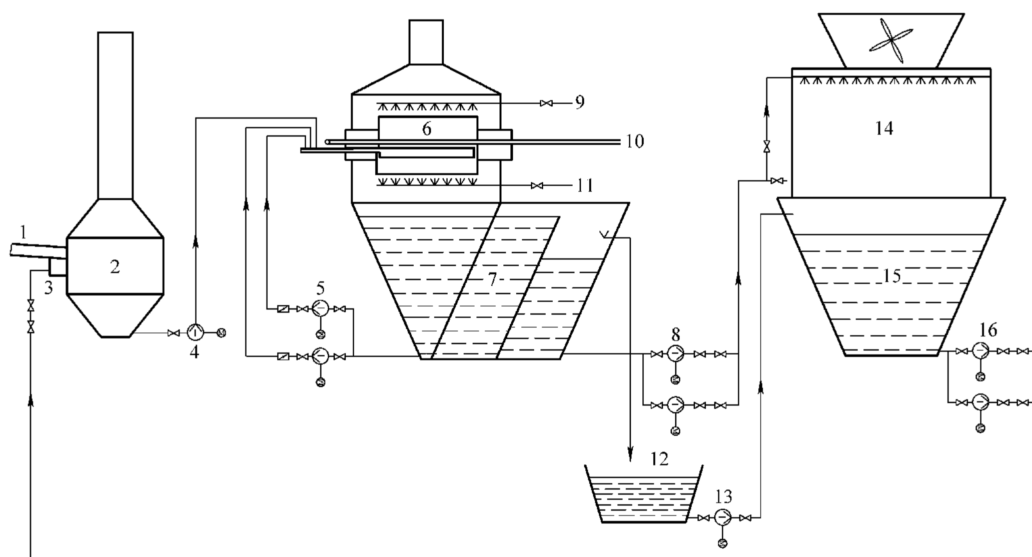


图 1　非常规 INBA 系统主要的工艺流程

1—熔渣沟　2—粒化塔　3—粒化箱　4—渣浆泵　5—再循环泵组　6—转鼓
7—热水池　8—回水泵组　9—压缩空气　10—传送带　11—清洗水　12—集水池
13—回收泵　14—冷却塔　15—冷水池　16—冲渣泵组

然而在初期实际运行过程中，由于种种原因在粒化塔中产生的泡沫渣一直影响着冲渣系统的正常运行。据统计，1 个冲渣系统备件材料费用大约 75 万/月，每隔 2 年左右要对冷水池和冷却塔进行一次大修，费用约为 100 万。因此一旦泡沫渣出现会影响设备设施的正常运行，不仅明显缩短设备的使用寿命，造成水资源的严重浪费，而且需投入大量的人力和物力。

2　泡沫渣产生的原因

根据日照钢铁高炉和冲渣系统现场运行数据记录，非常规 INBA 冲渣法产生泡沫渣的原因主要存在三种情况。

（1）高炉出的熔渣本身为泡沫渣

1）高炉冶炼钒钛磁铁矿时，炉渣中 TiO_2 高达一定值后会有大量气体，以气泡形式分散于渣中，使炉渣的体积膨胀形成泡沫渣。

2）由于日照钢铁采用了自主研发的低品质矿炼铁新技术，不仅矿石原料品位较低、高炉渣量较大（图 2），而且炉渣中一些成分如 Al_2O_3、MgO 的含量都超过了全国同类高炉的平均水平，尤其 Al_2O_3 含量偏高造成炉渣粘度增加，影响炉渣的流动性，不仅直接影响高炉顺行和生铁质量，还容易造成渣沟粘渣；另外，还造成炉渣融化性温度升高导致炉温偏高，因而容易产生泡沫渣。

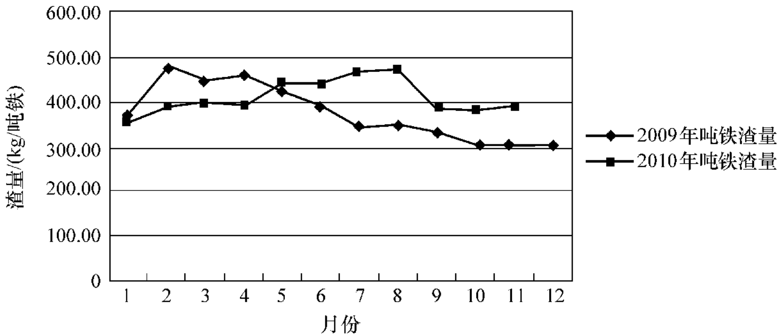


图 2　日照钢铁 2009、2010 年吨铁渣量

两种不同形式的泡沫渣相比，前者经过粒化其渣粒密度较轻，颜色发白，形成的粉状物较多。而后者则渣粒密度相对较重，颜色发暗，形成的粉状物相对较少。凡出现泡沫渣时，均会形成的大量的渣棉，但前者较多。

（2）跟冲渣设备及运行参数有关　在炉况稳定的情况下，当冲渣水量小、压力偏小、粒化头堵塞、沟嘴不正及渣量较大时，高炉熔渣不能得到有效的粒化，就可能形成了体积较大、结构疏松的泡沫渣。以日钢高炉某冲渣系统为例，运行的参数为粒化头水压为 0.22MPa 左右；出渣时间 80 左右，总渣量平均为 116t，渣流速为 1.1，水温 53℃左右，回水泵的压力为 0.124MPa 左右，保有水量约为 2400m^3，渣浆泵的流量为约 2400m^3/h，粒化泵流量约为 1200m^3/h。由于系统运行比较稳定，因此从现场运行记录情况来看，如果改变其中运行参数，则产生泡沫渣的可能性较大。

（3）跟高炉炉况有关　当炉温偏高或者炉渣碱度偏大时，即使冲渣水量、压力、粒化头及沟嘴正常的情况下也容易产生泡沫渣。

3　泡沫渣对设备设施的影响

（1）对粒化塔的影响　由于渣浆泵跟随粒化塔液位变化进行变频追踪，从而使粒化、塔液位稳定在设定值附近。而泡沫渣密度较轻，能够漂浮于水上而不下沉，导致大量的泡沫渣在粒化塔内聚集。并且占据了粒化塔的上部空间，导致粒化塔的实际液位降低，即粒化塔内液位失真。但渣浆泵仍然按照测量液位工作，当液位显示偏高时仍以较大频率工作，来维持液位回到设定值附近，结果造成实际液位进一步下降，如此往复。当实际液位低至一定值时，造成粒化塔内渣水比严重失调，最终导致泡沫渣堵塞粒化塔甚至管道。

（2）对转鼓有较大影响　泡沫渣对转鼓的影响是比较大的，出现泡沫渣时一般渣棉较多。当泡沫渣进入转鼓后，由于其密度较轻，漂浮于水面上，不能被转鼓带走。泡沫渣不断聚集，而且渣棉的附着力极强，易黏附在滤网上，使滤网的过滤性能下降，造成了循环水从转鼓里大量溢流及水资源的浪费。由于泡沫渣的原因使滤网堵塞严重，通过实际观察发现，一般经过 5 ~ 8 次泡沫渣情况，新换的滤网大部分即被堵塞；同时存在由于压缩空气和清洗水的反复冲刷使滤网来回变形，极易导致滤网破损，过滤的效果也会随之变差。

（3）对冷水池和冷却塔的影响　出现泡沫渣时同时出现大量的粉末状物质，粉末状物质重量较轻大，部分随水在工艺内循环，只有少部分在冷水池内沉积，但经过长时间的使用，沉积物越来越多。最终导致

冷水池（池壁和池底）积渣严重，循环水保有水量减少，以及冷却塔上也可能出现大量的积渣现象。水的冷却效果会慢慢变差，达不到冷却效果，从而使水温上升，加速了设备腐蚀。

（4）对泵及附属设备的影响　上述粉末状物质在循环过程中，对水泵、管道、阀门、粒化头机械摩擦，损坏率较高，导致设备设施维护、保养、更换相对频繁，冲渣系统正常安全、稳定运行得不到有效保证，同时也增加了系统的运行成本。

通过冲渣系统现场运行记录发现，在没有泡沫渣且冲渣设备运转正常的情况下，且冷水池反冲开启形成良好的反冲作用时，转鼓也会出现溢流的情况，说明粉末状物质同时也会影响转鼓的过滤能力。

（5）对传送带的影响　在产生泡沫渣时，为了尽量减小转鼓溢流量，一般采取加快转鼓转速方法，使水渣未得到充分过滤即落到转鼓传送带上，使水渣带水量较大，较大的水分使传送带的工作环境恶化，传送带极容易发生跑偏现象，同时造成传送带托辊粘泥严重，最终在托辊周围形成泥包导致托辊不能转动，加速了传送带的磨损。传送带带水严重时还会造成传送带打滑，遇到渣量大的情况有可能造成传送带被压死的事故发生。

4　针对泡沫渣的影响采取的预防

从泡沫渣形成原因，以及结合日照钢铁有限公司冲渣系统运行情况，根据实际情况可以采取以下措施进行预防。

（1）对高钛矿采取合理措施　如果是高钛型高炉渣，可以采取手段提高渣中的“氧势”，抑制二氧化钛的还原，减少钛等胶质微粒的生成，也即减少表面吸附的活性量物质，可以阻止泡沫的形成。

（2）合理安排生产和控制炉况　在生产中及时调节高炉的生产量，防止渣量增多，超出系统正常运行范围，同时保持炉温在设定的范围内波动，尽量避免炉渣碱度偏大。因此在生产过程中，要按照计划和相关的设计参数进行生产，应尽量控制单纯提高产量而进行生产。

（3）确保保有水量和冷却装置的良好运行　在放火渣等情况下造成水损失较大时，要及时补充系统保有水量，确保循环系统的正常运行；同时必须保证冷却塔及其附属设备的良好运行，维持水温在正常范围内，避免水温偏高，而产生泡沫渣的条件。

（4）冲渣系统正常运行时要保持适当的水压　根据现场生产经验，一般使用的压力为 0.20～0.25MPa 较合适（根据现场具体情况适当的调整），当粒化头的实际压力超过或者低于上述的范围时，产生的泡沫渣可能性明显增大，因此控制好粒化头的出水压力，也是预防产生泡沫渣的重要环节。

（5）合理安排维修　利用高炉休风期间，合理安排维检。例如：对冲渣系统的粒化头、沟嘴等设备进行全面检查，如果发现水渣堵塞粒化头以及沟嘴不正现象，应及时的处理，确保粒化头和沟嘴在正常情况下运行。

（6）对冷水池和冷却塔进行技术改造　增加冷水池壁倾角坡度并铺设光滑钢板，来防止池壁积渣和便于清理；在池壁上安装反冲洗管，对池壁定时冲洗；适当增加冷却塔竹纤维填料之间的空隙间距，防止应间隙过小导致在冷却塔中间形成积渣堆。

5　结束语

自 2006 年冲渣系统采用非常规 INBA 法以来，在实践过程中主动掌握现场运行情况，不断地总结经验；并注意相关的技术细节，及时调整运行的参数和生产的结构；消除泡沫渣形成的前提条件，日照钢铁在泡沫渣的治理方面取得了良好的效果。每月平均产生泡沫渣的次数由原理的 6 次减少到 1 次，甚至不产生泡沫渣；冲渣系统设备设施使用年限明显得到延长，维护频率大大减少。2011 年至今，每月可节约备件材料费用约 20 万，且大中修维护周期明显延长，从而节省了大量的人力和物力，经济效益显著。

非制造业生产车间库房资材的佳状仓储

郑　炘

（061103　大港油田第二采油厂物资装备部）

摘　要：工业企业降低设备维护用资金是必做工作之一。本文简述非制造业车间科学申购和仓储资材样式的一种方式，即做好预申购计划和科学贮存资材的方式。并提示为保证生产必须要存备稀缺材质料的考虑，以及实施修旧利废的措施。这些思路做法，能助保资材用量申报科学、仓储备件数量合理，控减积压损失浪费。提示的具体做法途径，对不同行业各流水线生产车间库房做好仓储设备备件工作，减少财金支出有参考借鉴作用。

关键词：工区车间　库房存量　科学制定　控源节流　信息共享

1　引言

企业生产工区（车间）库房是不可缺少生产用的资材仓储处所，这个库房确保车间连续生产所必须备存资材。且在保证需要的同时，还要控减资材长期不用积压的损耗，更要前瞻思考预控、本车间更新换代设备后不会再使用备存零件导致的浪费，这就要科学管理。维修资金的使用不做科学预控，就会造成财金高支出，导致维修成本增加。控减资金浪费其中的一项工作是库房资材不断的精进管理，实施精进管理就需要努力做到科学贮存资材。车间库房资材的科学管理，可以有效地提高设备维修效率，缩短设备维修时间；尽早地使设备进入正常工作状态，顺利地执行维修计划，更好地完成维修任务，进而保证企业生产的顺利进行。科学仓储自然要考虑计划什么时间、准备什么资材？怎样获得资材？怎样管好资材？需要备存多少资材？如何科学管控车间资材？根据自己的体会，分析效益潜力点，提示思路、路径、方法。

2　资材存量计划的科学制定

资材备存与生产运行维护需求是紧密相连的，采购备用资材方案需要考虑本车间生产工艺设备设施规模、不同装备使用的资材耗损量等多个要素。如果不认真调查生产资材消耗实际情况，看到库内无货凭想象申报购置就会造成贮存物资无序，导致不利于本单位连续生产的局面出现。所以，应该清楚掌握哪些物资及易损零件消耗快，哪些备件使用更换周期长，从而就能确保报领计划适度。采购制订资材数量计划，要防止某一零件高数量库存积压；必须进行科学预算，但能多借鉴他人的仓储经验也是有必要的。两种方式结合斟酌，再根据本单位实际情况细致统筹，确定每季度分摊购置计划，就能控减被动局面。下面展开细述一下。

（1）先调查资材的需求数量再拟定预申购用料计划　维修用零部件的采购和储备，是一项常态性工作。车间申报存储物料备件是非常重要的一个环节。如何控减这个环节出现的损失浪费，需要有一定生产经验的管理干部全权负责。预申购备件必须细致统计每台设备运行耗损基本情况，清楚各部件使用过程中的磨损规律及设备易损零部件的使用寿命，如能坚持多年汇总统计数据更佳（每一年耗损情况会有差别）。因为能用统计的数据信息实施申报购置更科学，更能精进做好这项工作。统计到详细的数据后，在对机械设备配件做出最小储备量的计算确定，也就是用统计、加权平均等方法核算出常用配件的平均消耗量和消耗周期，再参照这些数据在申报计划。随着实践经验的积累，有些程序可以简化。申报机器零部件计划和贮存的掌控，常用的物料备存时间不能过短但也不宜过长。要考虑从申报到领取有不顺畅因素，可考虑提前两至三月申报，避免某一资材短缺。贮存备件数量的确认在一般情况下，通用量大、存量购进一次物料的数量能满足使用半年，短缺的备品备件如独厂生产，可考虑置备一年时间用量为宜。

（2）申报设备备件数量的科学确定　既要保证机械设备配件的供应，又要尽量降低生产用备件的储备量，使备件的储备量始终保持在一个科学合理的范围；进而减少仓储循进过程损失，达到降低成本的目的。

从而有效地提高配件的维护效益和管理效能。怎样科学存量好备件，推荐提示一个储备定额的参考公式。

最小储备定额的参考计算公式为

$$Y=\frac{AKa(1+2T)}{4M}$$

式中，Y 为某一规格备件储备定额；A 为具有同种备件的设备数；K 为每台设备相同的备件数；a 为备件通用系数，与 AK 之积成反比 $0.5<a<1$；T 为订货周期；M 为备件使用寿命。

3 降低进库成本的途径

车间收储物资备件主要有三个渠道：上报采购计划、找材料自制简单物件、修复旧件优选组配好旧零件再使用。能否通过购置物资降低购买费用？车间员工不和供货商人员接触，所以，采购物资控减资金支出无途径，但自制低成本物件和修旧利废、让报废件再生是能节约资金的，这也是一个降成本的好途径。需要特别指出，对维护设备必用的稀缺材质新旧料必须要备存，以应急使用，这是为预防由于无稀缺材质不能加工新件待修情况出现。生产装备维护需求的机件精度如果要求不高时，本单位员工可充分采用较多旧件拼装再用，还可以设计废旧料大改小采用机加工的方法完成。这当然需要本单位健康进取的环境和勤俭持家的氛围，以及员工自身技术能力的保证和勤奋节约的动力。

4 资材出现阶段需求量大的提示

库房备存不能出现缺某一资材影响正常的维护，要防止缺备件问题就需要对库内物资月度盘点，盘点做法不再叙说。这里想提示的是，要减少库存积压物件数量必须合理控减物资购置数量。做这项工作必须要考虑到，生产维护保养劳作有时会出现某阶段时间对某些物料有较大量的需求。例如：某一备用零件能在多台设备通用，这就有可能出现某一时间段多台设备检修而出现的大量耗用；连续的需求会造成供求失衡，所以需要前期掌握设备检修时间计划。还有每年集中时间维修保养前，要做好前期所需求大宗物资数量的准备。从实践中看到，相同的设备、不同条件下的使用，机件的耗损数量也不一样；有的物件消耗快，有的物件使用时间长；相同的备件在不同的设备上使用寿命不同。怎样合理补充机件数量，这当然还需要细致掌握不同时间段的某些物资耗损规律，再通过汇总信息实践摸索出补料／损耗规律，这样就有助避免补充量过大或过少问题。进而能规避资材大量积压和待料维修弊端或被动局面，自然也就能减少浪费和控减供求失衡不利于生产工作的局面出现。

5 备品备件信息及维修信息内部人员必须共享

车间库房必须要时刻能为工艺系统维修提供不可或缺的物质条件，仓储现存的物料数量这就需要本单位相关人员及时沟通。做好这项工作针对库房的管理需要做好两个环节的事情，也就是前面提到的及时的进件、库存备件的合适周转数量，这两个环节的工作不仅需要直管人员掌握，而且还必须要与设备监测、维修负责人保持沟通。特别是主管干部必须掌握某些资材大数量减少的信息，还应掌握设备计划维修时间。再根据掌握的仓储信息，从而确定提前及时补充某些快要用完的备存件，防止因缺物资待检修问题的出现。

6 降低资材仓储不良损耗的共性管制做法

怎样控减物资储存过程不良浪费损失？固化库物的标准摆放规范化、系列化、清洁化，备品备件的进入验收、备品备件的检查保管，以及由谁负责主持审批等事情、各单位由于都有完善的制度、物资置放板货标识信息要求等内容不再叙说。资材在库中的保管是有损耗的，金属零部件存在化学腐蚀损耗，其他清洁用品等一些物资虫鼠侵蚀损坏等自然损耗，如何降低减少资材存放损失？当然是要根据具体情况采取对应措施，这里只提示共性的做法。即机器备件及维修物资的保管，备品备件是金属材质要做到涂油防腐、摆放移动过程不能磕碰撞击，由于小物料的仓储都在室内，保管必须全天候做到两不见天、三不落地管理。即保存新的润滑油料不见天，新备件器材不见天，特别是精密仪表件力争涂润滑油封闭存放，各种物资都应使用透明的塑料布置盖好；还要做到，存放的新备件不落地，备存的工具用具不落地，回收后的旧润滑油料不落地。物资的储位要清楚，有的物资常会有突然性的需求从库内提取，对这样的备件摆放位置查找

要直观，即方便寻找、方便取用，要防止为找某一零件乱动乱翻导致较多物资混乱的境场。特别提示，必须做好防止新润滑稀油劣化失效的防范工作。润滑油品储存不良不当，新润滑油被氧化受到污染无污染，就会失去润滑效能，也就不能再用。不用必然浪费，继续使用又会缩短零部件使用寿命。润滑油颗粒污染，更是危害设备的大敌；润滑油由于储存不当导致品质下降是不应该出现的，新润滑油料的贮存只要在清洁的室内密闭好，就能避免氧化和颗粒污染。还有，必须掌握新备品备件在设备运行中的使用情况，暴露出的设计或精度问题，以及存在其他不良因素问题，要详细记录并要与生产厂家沟通、交流看法。针对显现的零件瑕疵问题，与厂家沟通力争达成共识得到厂家补救解决。属于设计制造的共性问题力推厂家改进，确保以后购置部件技术条件，从而提升使用效益。

7 备存非常用非标准的配件

车间库房存备非常用、非标准备件和不容易损坏但购置难的小零件非常重要，例如：生产工艺局部系统是根据现场需要设计安装组合了非标准装备，一次性安装完厂家不会再续造备件，这就给后期维护排除故障更换机件增加了无配件替换难度。另外，有的装备使用的是非标准易损件或材质比较特殊，虽然耗损量不大替换需求量小，但采购环节不畅通。所以，这些物件需求首先要力争内部员工前瞻准备，怎样解决？本单位员工要慧眼识金、慧眼识物，发动较多人员搜集信息寻找贮存特殊材质缺少的旧料，再机加工成形可替换件以备使用，控减无更换件影响生产的事情发生。这种处理应急的措施因常被忽视、忽略，等需求来临无措造成生产被动，因此特别提示。

8 结束语

为了保证设备维修工作中维修效率的提高，缩短维修时间，减轻因设备维修带来的损失，必须根据自己掌握的情况合理地准备好设备中容易磨损的各种零件、部件，做好维修前期的零部件的科学采购和储备。车间为了保证正常生产，必须保证维修用备件准时供应，还不能造成较大的浪费。成本控制受诸多因素影响，其中，车间库房备件精细进出，能降低维修成本。资材贮存实施降损挖潜，车间库房必须落实细节操作。

保障机械设备使用收益递增的途径

郑　炘

（061103　大港油田第二采油厂物资装备部）

摘　要：流水线工区保持设备恒久强壮经济运行，需要掌控状态运行信息、视情维修，注入新技术，进而巩固提升动力效能和控减运行的无功高耗。如何实现恒久经济运行，本文简述不可或缺的途径及做法。即突破习惯性定式浅限、目标导向，开通渠道，实施设备运行的科学掌控。有效巩固健康基础给力能量释放，发掘潜藏能量，实现设备运行安全、可靠、稳定、经济。所提示的方法对有众多机械设备工区生产再增益提效，有启迪参考借鉴作用。

关键词：机械设备　应用技术　强壮筋骨　安全防线　车间育人

1　引言

具有众多动力加压做工机械设备的工区或车间，实现效益递增，必须对设备按需强壮筋骨，才能充分挖掘进而有效释放动力能量。机械设备相当于工区生产的发动机，发动机必须恒久经济可靠运行，还要输出最大设计能力。如何确保机械设备低成本输出最大效能？就必须高质量实施状态检测、视情维修、根治维护、可靠润滑、改善库存管理。要做好这些具体工作，首先就必须运用好信息技术；其次精进后行的维护，在工作中再融入先进的技术，从而确保设备健康的状态下运行。如果某些工作不到位，就有可能造成设备频出故障，设备的使用寿命短也就不能保证有序生产。还得频修，设备出故障必然导致生产流水线运转阻卡，也就难以保证顺利完成生产任务。下面简述实现设备恒久强壮的经济可靠运行，需要采用的措施、途径和做法。

2　造就全能点检员，掌控设备恒久佳状运行

确保设备经济运行，首先要保证设备安全、可靠运行，做好这项工作，必须科学掌握识别运行状态信息。信息的获取、鉴识及高效应用是点检员的专责，设备状态运行鉴识判断结论必须准确，错误的结论必然造成后序维修工作劳人伤财。所以，对点检员鉴识设备能力要求高，这就必须要有高手点检员。高手点检员是围歼设备故障隐患的侦察兵，能运用前兆技术，发现和深挖潜藏的问题，从稳定中找出不稳定的因素，从正常运转的设备中找出异常的萌芽，对其形势和发展趋势作出正确的预测和预报，且不让其扩展。保证设备恒久经济可靠运行必须培养全能点检员，这是因为全能点检员掌握的鉴识技术种类众多，不仅能破译机械振动所包含的大量信息，最大程度控减误判；全能点检员还有独门心法，能突破正常思维，用自己的技术和智慧排难点、除弊端，给“疑难杂症”开良方，给设备“强壮筋骨”订方案；确定故障修理的范围和内容，拟定合理的备件供应，制订适宜的维修策略和方案；全能点检员也能将先进的维护技术融入其中，给予设备高效运行。所以，造就全能点检员是必做的工作。

3　根据需求对设备强壮筋骨，实现恒久经济运行

机械设备要实现恒久经济运行，必须保证设备持续处在良好的技术状态。设备运行有失耗。失耗过大必然会造成亚健康，亚健康运行会导致高损耗，消除亚健康就需要对设备按需实施“强壮筋骨”的维护。其措施，首先要及时消除设备及附件缺、松、漏、脏、润滑室温度高、振动大运行故障，巩固健康基础，抵御突发故障风险，保持功能强势；二要融进四新技术（新工艺、新方法、新材料、新手段），使其设备功能量效提升；要使用维修进步技术工具，使用进步技术工装器具“利器”更能掌控维修质量；只有保证了维护质量，才能给予设备强壮运行，维修质量差，运行效果必然差，而且寿命短；三要控减装配后运行不良，必须在组装过程中把关每一道配装质量，还要及时排除使用性故障（供给不能供小于求），非永久性故障（不需要更换部件的故障）；四要根治维修、治本，确保设备长久强壮运行必须根除病灶或抑制病

源滋生，根除易出故障的因素。设备常态保持强壮，就能实现连续可靠运行，自然减少了频维修的工作量、费用和停机损失，减少逆境生产。

4　构筑润滑室安全健康防线，防止润滑油过早劣化失效

构筑润滑室安全健康防线主要是指部件组装的高质量、可靠的润滑、密封好。机械设备润滑室内装有轴承和齿轮零件等，轴承是不可或缺的零件。从实践中知道，能达到使用设计寿命的滚动轴承只有 10% ~ 20% 。润滑室出现的故障率最高，这里提示日常维护常被忽视的事项以备参考，确保轴承长寿的手段之一，必须选用正确合适的润滑油品和满足佳状润滑条件。然而，再好的润滑油存放被污染物污染氧化也达不到要求。所以，确保润滑油品质量好首先要从源头贮存把关，润滑油品储存一定要密闭，如果贮存润滑稀油容器封闭不良，润滑稀油就会被氧化，或被灰尘、露水、潮气等污物污染；还有，一旦优质的润滑稀油注入润滑室，仍有被污染源污染的可能（特别是室外设备），就更要做好防止油品品质下降的防护工作。预防油品不被外界环境污染必须确保润滑室的全密封，如果某个部位密封差，不但会造成润滑油被外界污染，而且润滑室内润滑稀油还要泄漏，稀油从润滑室流出不但浪费还污染此处环境。目前，有的骨架油封有效密封时间短，而且出现渗油问题也不会及时更换油封，经常性做法是，稀油渗漏不严重，而且再更换维修量过大（漏失油位置在设备中心段，需要大拆才能更换）就不更换。为了维持轴承润滑，就采取润滑室内稀油漏失欠缺随时加注新稀油的补救措施，这种被动加油确保轴承润滑的做法，不但造成很大浪费还避免不了恶性后果。如何解决密封时间过短弊端？治理漏油八字方法有：改、换、堵、疏、封、接、修、管。改为改装；换为换件；堵为堵塞；疏为疏导；封为密封；接为接引；修为修理；管为加强管理。采用哪些措施需要依据现场情况而定，可先选用双唇骨架油封，如果现场没有科学鉴定骨架油封品质好坏的手段，要考虑再增加封阻途径。如改造这个位置的密封端盖，即设计机加工新配装的端盖能在里外侧装骨架油封，实施两个密封件在同一部位共同封阻措施。润滑室部件组装不良，运行温度就会高，温高（夏天）华北地区 55℃偏上就说明组装有瑕疵。另外需强调，车间各岗位使用的贮存润滑油专具必须清洁密封，加注润滑稀油过滤，要养成习惯，这些日常的细微维护工作不到位就有可能导致大事故。轴承使用寿命短还要仔细检查分析是否存在非润滑室内的故障导致，是否由于其他方面的依存条件，造成了轴承运行寿命短。例如：有的单级单吸离心泵大排量运行，深沟球轴承承载了轴向力，由于载荷较大的轴向力导致只能承受径向的轴承寿命短，其根源在叶轮平衡孔经小。消除深沟球轴承承受的轴向力，就需要略扩叶轮本身的原平衡孔孔径，确保叶轮进口部位两侧压力相对平衡。在此不再细说。

5　永续精囊经验知识传播共享，力增整体同步创效益

能不断地精进设备使用与维护，是一个理论知识和实践经验互动长期积累的过程。提升管理水平，不但需要掌握理论知识，更需要大量实践经验应用技术的充实在辐射扩散。有较多琐碎新见的现场维护经验应用技术精囊窍门、理论知识没释明，但这些实践知识可助保设备使用效能的充分发挥，能益增设备的寿命。所以，应该将成熟新见的做法编辑成电子板教材及视频。

为什么有的生产现场重复的事故频繁发生？相同的高耗问题或偶发不良现象多年还在同一设备或同一车间重复出现。除了存在岗位员工的流动新老变更外，必用、实用的知识传承是重要原因之一。怎样避免控减重复性问题的出现，实施新知识做法内部征集再传播，应把少数人实践积累的经验编撰成可借鉴的知识教材，以案例、标准和规范，传播共享。实践积淀的好经验、教训是不可缺少的老师，而必须成为更多操作岗员工能掌握借鉴的老师。要使经验和新知识迅速、方便地交流和运用，应充分发挥企业内部网络平台作用，在企业内部专项的网络平台能查找知识库的内容，也应该在生产车间构筑知识共享平台，使技能知识在这个平台上，不受时间、空间的限制，根据需求随时能视看，让知识流动起来转化为实实在在的广泛生产力。续集新锦囊窍门要激发更多个人作为。广收效益必须在众多“生产工区”普及成经验做法。

6　科学掌控维护资金，降低维护成本

设备实现了恒久强壮经济运行，还需要继续努力降低维护成本。设备维护资金费用开支需要掌控，如果维修资金掌控不佳会造成较大的浪费损失，导致总成本的增加。防止维护资金浪费，可以对资材管理过

程细挖潜，即做好购置储备各环节的掌控工作。备品配件物资管理是一项繁琐且易出差错浪费的工作，对设备实施维修必然需要置换新的零部件，因为工矿现场连续生产，不能中途长时间等备件而停运待修，因此必须建库贮存资材。建库资材储备必须科学管理，做到购置计划准确可靠，储备合理，即在满足生产正常稳定运行的基础上，要尽可能减少备件储备量。如何做好这项工作？车间储备备件要侧重备件信息的掌控，抓好计划、储备两个环节。能够细致地做好预申购计划和贮存适宜数量的资材，就能控减物资的高购进和贮存损失，还能有效缩短维修时间，尽早地使故障设备进入正常工作状态。我们认为，现场设备备件管理与维修管理因该实施一体管控，备品备件信息及维修信息内部相关人员必须共享。最好应将设备备件管理与维修管理人员编制在一个班组，管理人员、设备维修主要负责人员、点检员、保管员能经常沟通，避免有计划无备件待修情况发生。仓储资材要努力实施机械设备配件最小储备量，既保证机械设备配件的供应，又尽量降低生产用备件的储备数量，使储备量始终保持在一个科学合理的范围，从而减少仓储循进和长时间积压报废损失，有效地提高配件的维护效益和管理效能。维修备件仓储数量如何确定，即最小储备定额的参考计算公式如下：

$$Y = \frac{AKa(1 + 2T)}{4M}$$

式中，Y 为某一规格备件储备定额；A 为具有同种备件的设备数；K 为每台设备相同的备件数；a 为备件通用系数，与 AK 之积成反比 $0.5 < a < 1$；T 为订货周期；M 为备件使用寿命。

7 结束语

综上所述提示的是机械设备使用管理增益创效的一种综合措施方法，做实这些工作就可以确保机械设备使用恒久高效，而推进好这些工作需要关联职能部门同频共振。

浅谈杜尔加注机冷媒加注系统

杨　健

（130012　一汽轿车股份有限公司二工厂总装车间）

摘　要：以一汽轿车二工厂总装车间使用的德国杜尔加注机为例，介绍冷媒加注系统的结构组成，加工工艺，工作原理，工作中常见的几个故障原因，例如计量器停止、真空异常、无加注压力以及这些常见故障的解决措施。

关键词：冷媒　加注机　结构　工作原理　故障　措施

1　引言

汽车空调系统是实现对车厢内空气进行制冷、加热、换气和空气净化的装置。它可以为乘车人员提供舒适的乘车环境，降低驾驶员的疲劳强度，提高行车安全。空调装置已成为衡量汽车功能是否齐全的标志之一。汽车装配线使用冷媒加注设备的优劣，决定了车辆空调系统冷媒加注的质量。

总装车间使用的德国进口杜尔加注机共 3 台，分别为三合一（助力油、防冻液、风窗洗涤液）加注机，二合一（制动液、冷媒）一拖一加注机，二合一（制动液、冷媒）一拖二加注机。本文主要对二合一一拖一加注机中的冷媒加注系统的结构及工作原理进行简单介绍。

2　冷媒加注系统结构组成

图 1 为冷媒加注系统的结构示意图，主要由远程供液单元、基本单元、移动单元及加注头四部分组成。

远程供液单元主要由储液桶、柱塞泵、供液管路、压力检测装置等组成。压力检测装置检测基本单元储液罐内压力，即当储液罐压力低于最低设定值时，代表储液罐储液不足，远程供液单元柱塞泵开始工作；通过供液管路将储液桶内的冷媒及时补充到基本单元的储液罐内，直到储液罐内压力达到设定最高值时停止。

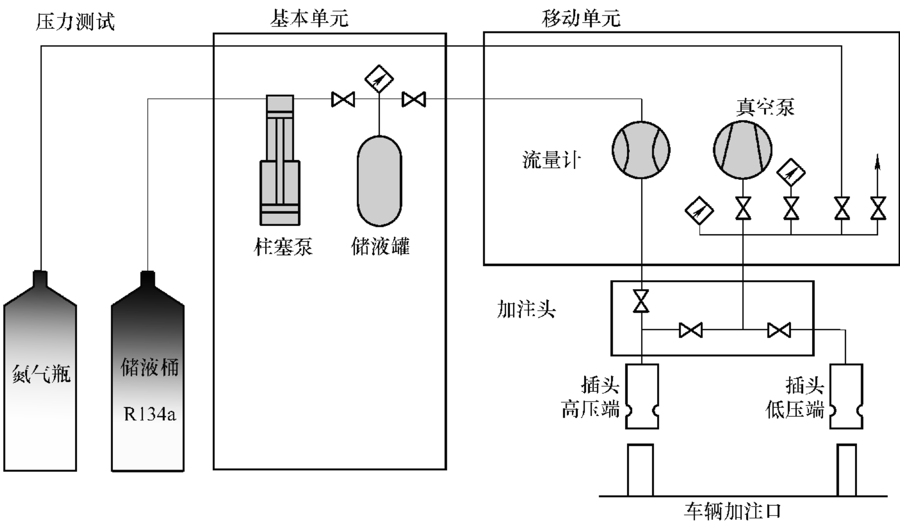


图 1　冷媒加注系统结构示意图

基本单元由气囊式储液罐、压力检测装置、气控阀岛及安全阀等组成。加注过程启动时，气囊式储液

罐利用罐内与车辆空调管路内的压差将冷媒通过加注管路注入车辆空调管路内。当气囊式储液罐内的冷媒消耗到一定程度时，压力检测装置检测到储液罐压力低于最低设定值，则远程供液单元开始向储液罐补液，直到储液罐压力达到设定上限值时停止。若系统出现故障，储液罐超过压力上限值时，安全阀打开泄压。

移动单元由随行机构、加注枪升降/摆动机构、GOT 屏、真空泵、计量器、真空压力传感器、气控阀岛等组成。

加注头由加注枪管路、加注枪本体、控制按钮、指示灯、高低压快速接头及连接加注枪本体和快速接头之间的软管等部分组成。

3 冷媒加注系统的加注工艺

冷媒加注的工艺流程如图 2 所示，工作步骤如下：

1）粗真空。该步骤利用设备的真空泵将汽车空调系统中空气排出，并根据真空传感器检测到的真空管路的真空值的大小来判断汽车空调系统是否存在大泄漏。如果在 15s 时间内管路内压力仍大于 100mbar（$1bar = 10^5 Pa$），设备将提示粗真空故障，表示车辆空调系统管路存在大泄漏，加注循环必须停止。

2）高真空。该步骤利用设备的真空泵再次将汽车空调系统中剩余空气排出，要求 40s 时间内管路内压力小于等于 3mbar。如超过 3mbar，设备将提示高真空故障，表示加注头密封不严或者车辆空调系统管路存在小泄漏，加注循环需停止。

3）真空泄漏测试。在该步骤将真空泵与汽车空调系统隔离，此时根据真空管路里的真空值上升状况来判断空调系统是否存在小泄漏。如果在规定的时间内（10s）真空值超过 20mbar，设备将提示小泄漏故障，加注循环必须停止。

4）后真空。该步骤要求 5s 时间内，管路内压力小于等于 3mbar。

5）冷媒加注。设备将冷媒通过空调高压管路输送到空调系统中，当加注量达到设定量时加注完成。

6）加注结束。该步骤提示操作者加注已完成，可以把加注枪放回枪架上。

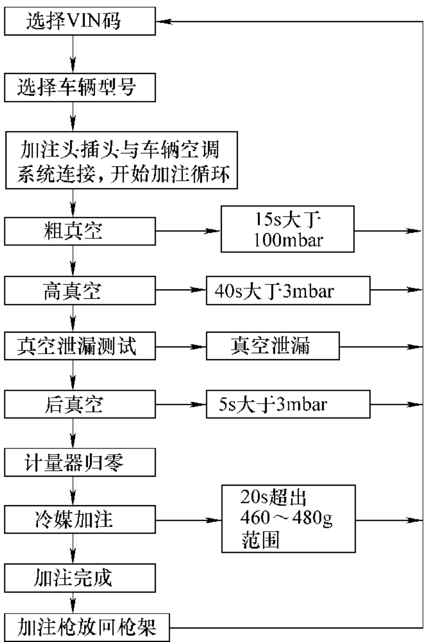


图 2　冷媒加注工艺流程图

7）加注枪放回枪架。该步骤检查加注枪是否放回到枪架上，直到操作者把加注枪放回枪架上进入下一步。

4 加注枪的结构及原理

（1）冷媒加注枪的组成　冷媒加注枪一般由加注枪管路、加注枪本体、控制按钮、指示灯、高低压快速接头及连接加注枪本体和快速接头之间的软管等部分组成（图 3）。

（2）冷媒加注枪内部结构　加注枪的内部结构如图 3 所示，V8510 为加注阀；V8560 为桥阀；V8561 为真空阀；V8510、V8560、V8561 均为电磁阀。

（3）冷媒加注枪的工作原理　由图 3 可知，加注枪抽真空和加注的操作，主要由三个电磁阀控制。正常情况下，高压端快插接头（HP）与低压端快插

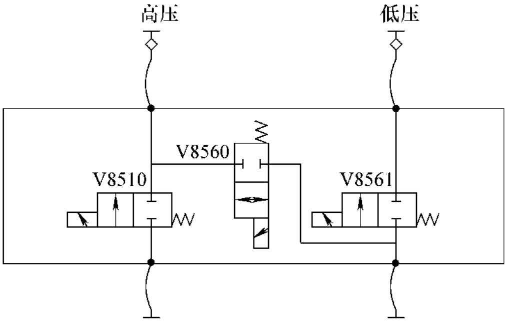


图 3　冷媒加注枪内部结构图

（LP）接头是关闭的。高压端快插街头（HP）和低压端快插接头（LP）与车辆空调管路连接时，两个快插接头中的顶针将车辆空调管路入口的顶针顶开，从而实现冷媒加注系统与车辆空调管路的联通。

1）抽真空时，加注阀 V8510 关闭，真空阀 V8561 及桥阀 V8560 得电打开，加注枪内高压端管路与低压端管路连通，真空泵开始工作，通过与车辆空调管路连通的高压端管路和低压端管路共同完成抽真空操作。

2）冷媒加注时，桥阀 V8560、真空阀 V8561 关闭，加注阀 V8561 得电开启，加注泵开始工作，冷媒只通过高压端管路加注到车辆空调管路中。

3）真空泄漏测试时，加注阀 V8510 关闭，真空阀 V8561 及桥阀 V8560 得电打开，加注枪内高压端管路与低压端管路连通，真空泵停止工作。移动单元真空回路中的压力传感器检测车辆空调管路与真空管路的压力变化。

（4）冷媒加注枪的优缺点

1）优点：①体积小而轻巧，做工精细，便于拿和放，符合人机工程。②采用电磁阀控制，与传统的气控阀比较，动作准确，故障率低。

2）缺点：①加注枪插头结构复杂，且插头内部有密封圈。一旦内部密封圈损坏，需要对插头进行拆解，维修耗时长。②使用的密封圈多。整个加注枪共使用了 14 个 O 形密封圈，每个密封圈都有其特定的作用，只要其中一个出现问题，就会影响到整把枪的使用。③维护成本高。为保证加注枪的正常使用，必须定期更换密封圈，由于加注枪对密封件质量及精度要求很高，密封件基本采用原装进口的维修包，价格昂贵，一把枪每年的维护成本都在 1 万元以上。

5　常见故障原因及措施

（1）计量器停止　故障原因及措施见表 1。

表 1　计量器停止故障原因及措施

故障信息	可能的原因	措施
加注 R134A 时计量器停止	介质加注管路内的球阀关闭	打开加注管路内所有球阀
	计量器内有杂质	检查计量器的功能，必要时清洗或更换
	计量器故障	检查计量器的功能，必要时更换
	计量器模块故障	检查计量器模块的功能，必要时更换
	过滤器堵塞	清洗或更换过滤器
	加注阀故障	检查加注阀的功能，必要时更换

（2）真空异常　故障原因及措施见表 2。

表 2　真空异常故障原因及措施

故障信息	可能的原因	措施
粗真空/高真空异常	真空泵故障	测量泵口真空值，必要时更换真空泵
	真空管路漏气	检查真空管路状态，必要时更换管路
	快插接头密封圈损坏	更换快插接头密封圈
	车辆空调管路有泄漏	

（3）无加注压力　故障原因及措施见表 3。

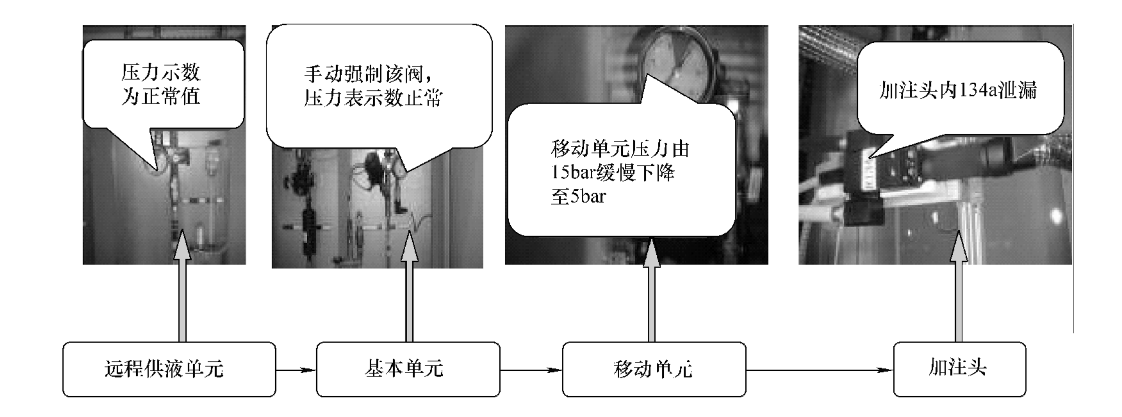
表 3　无加注压力故障原因及措施

故障信息	可能的原因	措施
空调移动小车—R134A 无加注压力	气囊式储液罐内的压力过低	储液罐补液
	介质加注管路内的球阀关闭	打开介质加注管路内所有球阀
	压力开关设置错误	正确设置压力开关
	压力开关失灵	检查压力开关的功能，必要时更换
	加注阀故障	清洗或更换过滤器
	密封损坏，冷媒泄漏	检查密封圈状态，必要时更换

（4）典型案例　表 3 中，加注阀阀座密封损坏导致冷媒泄漏的故障发生较为频繁。表 4 是该故障的一个实际案例分析。

表 4　实际案例分析

一、现象描述		
二合一加注机 R134A 无法加注，报警信息为“无加注压力”		
二、处理过程		
步骤	工作内容	实施结果
1	手动强制移动单元进口阀，压力表示数瞬间上升至正常值 15bar，而后慢慢下降到 5bar	NOK
2	检查远程供液单元，远程供液罐液体充足，压力正常	NOK
3	检查基本单元，手动强制供液阀，压力表显示供液压力为 15bar，表示基本单元供液正常	NOK
4	拔下加注头快插接头，屏蔽加注头，重复步骤 1. 压力表示数上升至 15bar 且能一直保持，判定移动单元供液正常	NOK
5	通过逐一排除，判定加注头内有泄漏，导致加注压力下降	NOK
6	拆卸加注头发现，里面的加注阀与阀板连接松动，导致 134a 泄漏。阀密封圈偏离正常位置，且有明显破损。更换密封圈，安装完毕，加注压力恢复正常。	OK
三、相关图片		



四、原因分析
加注头内加注阀松动，导致 134a 泄漏，密封圈损坏

6 结束语

本文介绍的加注机冷媒加注系统性能优良、工艺参数精准，设备运行稳定可靠。工艺流程中共设置三次抽真空步骤（粗真空、高真空、后真空），充分保证了抽真空的质量。气囊式储液罐结构简单、运行可靠；电磁阀控制的加注枪动作迅速准确、结构轻巧、便于操作。故障信息可视化程度较高，故障发生时可以通过 GOT 屏幕显示的故障信息迅速准确地找到故障点，节省了故障排查的时间。

PROFINET 工业以太网总线在 RGV 上的应用

徐　勇

（130012　一汽轿车股份有限公司技术部）

摘　要：随着汽车产业的发展，对设备的性能也提出了更高的要求，如快速响应、实时通信等。同时，车间内的人身安全和作业负荷也是必须关注的焦点，并且要求简化设计，节约项目成本。本文以汽车厂总装车间的底盘合装 RGV 为例，由于底盘合装 RGV 线要求节拍快、精度及自动化程度高等特点，RGV 的控制采用了 PROFINET 工业以太网控制架构来组态系统。作者根据 RGV 合装线调试及使用中的经验，介绍了 PROFINET 工业以太网总线的控制原理、应用及日常维护的部分经验，以与同行共享。

关键词：PROFINET　工业以太网　PROFIBUS　RGV　MES

1　引言

RGV 全称叫 Rail Guided Vehicle ，即有轨制导车辆。RGV 是借鉴吸收一汽大众总装合装线经验，并按照自己工艺与德国 MBN 公司共同开发设计的一条自动化底盘合装线。该线率先同时集成实现了自动跟踪、精确定位、伺服同步举升等关键技术，技术先进且集成度非常高，是总装车间非常重要的工艺装配设备，它的运行质量的好坏直接关系到整车装配的好坏。底层控制采用的是西门子公司 PLC 和 PROFINET 总线控制系统。车辆在这里进行动力总成、底盘前后桥与车身的组装，专门设计的底盘托盘与车身吊具通过信息传递互相识别，保证各种不同车型的底盘和车身自动地进行对准和合装，从而保证了车辆统一的装配精度，保证了一致的高品质和有很强的柔性生产能力（图 1）。



图 1　底盘合装 RGV 线

2　基本介绍

PROFINET 是一种新的以太网通信系统，是由西门子公司和 PROFIBUS 用户协会开发，由 PROFIBUS 国际组织（PROFIBUS International，PI）推出，是新一代基于工业以太网技术的自动化总线标准。

可用一条等式简单而明了地描述 PROFINET 方案：PROFINET = PROFIBUS + 具备 PROFIBUS 和 IT 标准 Ethernet 的开放、一致的通信 + 独立于制造商的工程模型 + 通过开放对象模型的分散自动化。

PROFIBUS 是世界范围内唯一可覆盖从工厂自动化到过程自动化应用的现场总线标准，集成 PROFIBUS 现场总线解决方案的 PROFINET 是过程自动化领域应用的完美体验。可以完全兼容工业以太网和现有的现场总线（如 PROFIBUS）技术，保留现有投资。PROFINET 是适用于不同需求的完整解决方案，其功能包括 8 个主要的模块（图 2），依次为实时通信、分布式现场设备、运动控制、分布式自动化、网络安装、IT 标准和信息安全、故障安全和过程自动化。

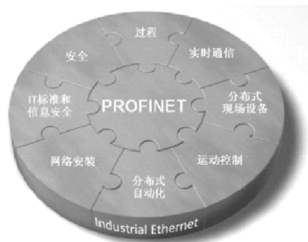


图 2　PROFINET 的 8 个主要应用模块

3 底盘合装 RGV 生产工艺

工艺示意图如图 3、图 4 所示。在动力总成线分装好的动力总成及前悬架，连同托盘在合装线 R2 工位自动输送至 RGV 小车前举升台上。R3、R4、R5 工位为停止装配工位，在这 3 个工位吊装后悬及安装排气管，小车在每个工位停止至少 40s，并要求小车采用同进同出控制方式控制。随后运行至底盘线 12 工位（也是 RGV 系统的 R8 工位），与经机械化设备送至底盘线 12 工位的涂装车身进行同步合装。其中 RGV 小车与底盘线在 12 ~ 18 工位同步运行的同时完成举升，实现前后桥与车身的对接，合装完后由合装区域返回的空托盘在 R1 工位自动返回至动力总成分装线，实现托盘与 RGV 小车的往复循环。



图 3　RGV 运行实时画面
R1—转交空托盘　R2—接受满载托盘
R3 ~ R6—工位模式分装线　C11 ~ C18—底盘合装同步运行模式

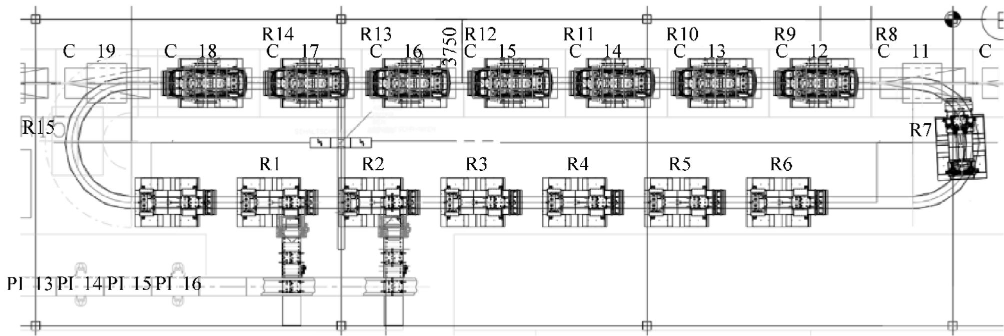


图 4　运行原理图

4 RGV 的 PROFINET 网络拓扑图及各元器件

整车合装在总装工艺中占有非常重要的地位，一直是总装工艺的难点之一。其工艺先进性依赖于设备的控制系统可靠性和精度，以及合理排布的柔性化的工艺流程。该系统包含：十几台独立 RGV 的本地控制和系统联合调度，是典型的集散控制系统，同时又包括大量数据的实时动态交互。PROFINET 的技术性能很好地满足了这些要求（图 5、图 6）。

RGV 系统采用 CP343 - 1 以太网通信模块与上位调度、监控 PLC 通信，接受上位调度 PLC 下达的各项任务；底层通过 PROFINET 网络采集现场的 I/O 信号，并控制设备的正常运行。

PROFINET 分为两层，第一层由 1 台网络交换机负责数据交换，西门子 S7 - 317F PLC 负责整个系统控制，包含 1 台西门子 MP377 人机界面、7 台转运装置 SEW 变频器、2 个底盘吊具位置同步编码器、远程连锁 I/O 和 2 个无线 AP（含漏波电缆）；第二层主体就是 16 台 RGV 小车，每台小车都有一套内部控制系统（15 台上线运行，1 台备用），内部也由 1 台交换机负责数据交换，西门子 S7 - 315 PLC 负责整个系统控制，包含人机界面、绝对编码器位置检测、行走和举升各两台变频器、1 台轴距调节电动机等；第二层与第一层通过西门子 PN/PN 网络耦合器，使用无线通信进行数据交换。

RGV 中的相关的机械部件、电气/电子部件和应用软件等模块组合成为一个封装好的具有独立工作能力的单机设备，显然整个合装系统存在单机设备多、布局分散的特点，因此采用 PROFINET 工业以太网网络控制架构来组态系统，使用 PLC 控制系统控制这些设备自动柔性运行。通过 SIMATIC iMap 软件，即可用

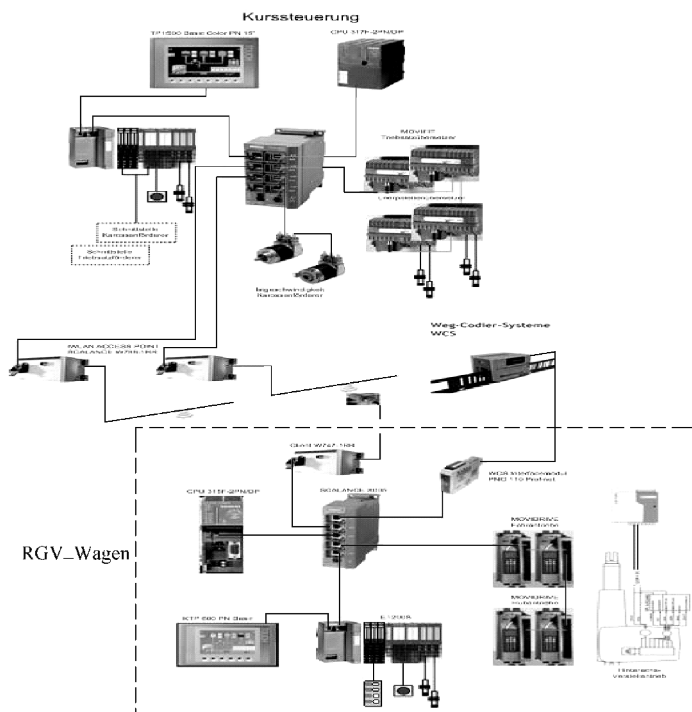


图 5　PROFINET 拓扑图

图形化组态的方式实现各组件间的通信配置，不需要另外编程，大大简化了系统的配置及调试过程。

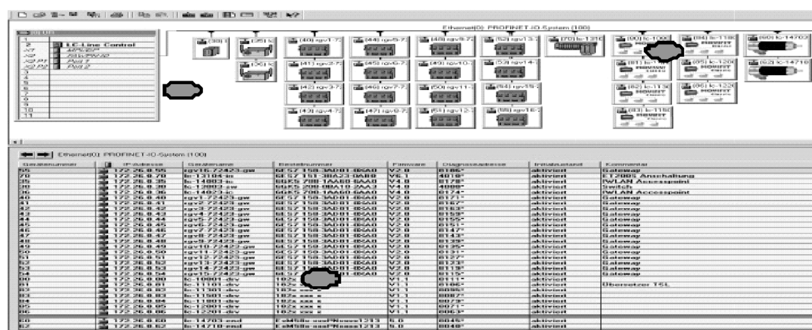


图 6　主控硬件配置

注：1. PLC CPU 317F－2PN/DP（带安全件的 CPU）。

2. 带附属地址的 PROFINET 硬件。

3. 带 IP 地址，设备名称的 PROFINET 硬件细节。

5　RGV 的 PROFINET 总线硬件配置

RGV 主控系统和 RGV 小车的硬件配置如下：现场分布式 I/O 采用具有 PROFINET 接口的西门子的 ET200S 系列，用于采集现场的传感器信号（如光电开关、接近开关、限位开关等）和按钮指示灯信号等。

转运电动机驱动采用 SEW 的 MOVIFIT－FC 型号变频器，每个 MOVIFIT－FC 从站带一个 PROFINET 以太网接口，支持 PROFINET 总线级联方式，MOVIFIT－FC 的供电采用单独供电方式，保证切断控制电源时，PROFINET 网络不受影响，通过它就可以和 PLC 之间建立网络通信。

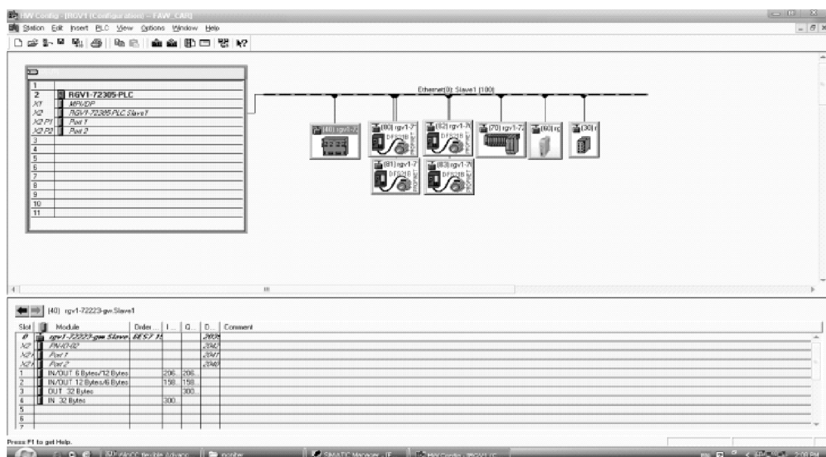


图 7　RGV 小车硬件配置

行走和举升电动机驱动需要精确定位，系统采用 SEW 的 MOVIDRIVE－MDX61B 系列变频器进行控制，与 MOVIFIT－FC 一样，带有 PROFINET 以太网接口，支持 PROFINET 总线的级联方式，通过它就可以和 PLC 之间建立网络通信，控制行走状态和举升高度。

在现场操作员终端，操作人员通过触摸屏终端对现场设备状态进行监控，当设备出现故障或需要进行维护时，可以通过终端操作来完成模式转换、故障处理、信息维护等操作。RGV 采用的是西门子 MP377 彩色 15in 触摸屏，小车 KTP600 触摸屏通过 PROFINET 和 PLC 通信。整个系统全部采用支持 PROFINET 总线的器件，采用 PROFINET 总线进行通信。

6　PROFINET 工业以太网总线应用的特点

在工业以太网的应用广泛普及的今天，当前自动化控制系统会优先采用工业以太网技术完成控制任务。PROFINET 总线技术在控制过程的应用（图 8），使 RGV 在安装调试中节省了大量的线缆、槽架、连接件，减少了系统的设计、调试、维护时间，不仅方便地实现了现场控制设备部件子系统之间、设备与设备之间及设备与控制管理层之间的联系，也为控制信息进入公司 MES 数据网络创造了条件。

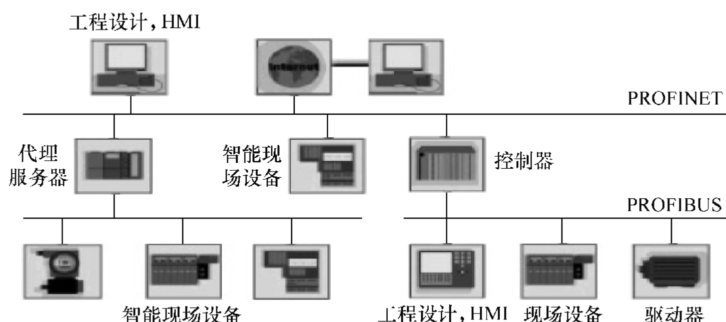


图 8　PROFINET 应用示意图

基于工业以太网的开放式、跨供应商标准的 PROFINET，可实现从公司管理层直到现场层直接、透明的访问。PROFINET 基于成熟 IT 标准，提供对 TCP/IP 的全面支持，用户能够毫不费力地与现有系统进行扩展及便捷集成。模块化结构可以容易地扩展和包含其他功能；PROFINET 提供标准化的独立于制造商的工程接口，能够方便地把各制造商的设备和组件集成到单一系统中。采用这种统一的面对未来的概念，工厂内各部件都可以作为独立模块预先组装测试，然后在整个系统中轻松组装或在其他项目中重复使用。如

对于二工厂而言，PROFINET 支持的实时解决方案完全可以满足焊装车间、涂装车间和总装车间等对响应时间的要求，在发动机和变速器生产环节中的机床同步等方面则可使用 PROFINET 的同步实时功能。人机界面不仅使现场的监控更便捷，同时其通信功能使车间中控室可以实时监视现场情况。总之 PROFINET 能够兼容与地点无关的控制器件，实现高速通信、灵活的拓扑结构、真正的可互操作性和开放性等高级功能特征，使其具有强大运行兼容优势和广阔的发展前景。

7　设备运行中遇到的问题及解决方法

RGV 系统运行初期经常出现网络节点故障报警，这种故障主要是由于网络上的总线耦合器（网关）造成的。确认耦合器本身没有问题，软件也没有问题后，判断问题很可能是由于干扰引起的。通过检查接线，我们与调试人员发现在布线的时候，太在意信号线的接地，所以错误地将信号线两端都接地，由于接地电位差在屏蔽层内会流过电流而产生干扰，因此只要一端接地即可防止干扰。解决了信号线的接地后，问题彻底消除（图 9、图 10）。

在使用中还发生一些其他网络故障，但总体运行非常稳定，开动率始终稳定在 98% 以上。下面对 RGV 小车发生的一起典型故障作一个具体分析。

故障现象：

主控制柜声光报警，所有小车停止运行；警告灯全部报警指示，底盘线随之连锁停线。

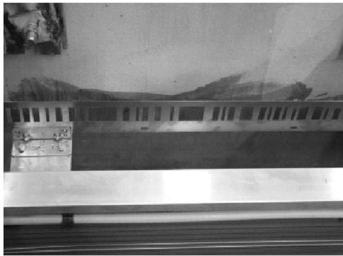


图 9　漏波电缆及绝对编码轨道分析处理过程

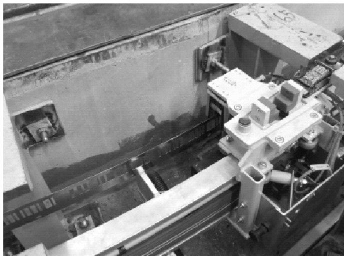


图 10　编码轨道读码头

第一步确定故障来源，查看主控制柜 HMI 人机界面，报警显示 12#RGV 离线，其他小车正常。根据 PROFINET 网络诊断，判断主网络不存在故障，故障来源就是 12# RGV 小车。观察 12# RGV 小车触摸屏，发现正常工作界面所有 PROFINET 器件全部显示报警，再次返回主控制柜 HMI 屏幕，将信息调整到网络节点页面，此处 27 号节点显示红色（状态正常应显示绿色），此时可确定 12#RGV 小车与主柜通信中断。除 12#RGV 报警以外，其他小车均正常，可排除主柜网络及无线 AP 漏波电缆故障，故障点在 12#小车本体内。

第二步确定故障点，主柜与各个小车之间通过 PROFINET 无线网络 WLAN 通信，小车与控制柜通信器件包括读取头、无线通信控制器及通信同轴电缆。利用笔记本编程器与小车 PLC 通信，查找小车的网络节点，发现无线通信器正常。利用万用表测量同轴电缆，发现同轴电缆已处于“断路”状态，问题锁定。更换同轴电缆后，重新对小车 PLC 复位，故障解除，PROFINET 网络显示正常，线体恢复正常。

故障提示：

说明 PROFINET 网络本身有很强大的自诊断功能，能够很准确地对故障源进行定位，最后只需要对常规的网络部件进行检查，就能迅速准确地定位故障点，提高了设备维护的效率。

8　结束语

底盘合装 RGV 生产线自 2010 年投产以来，运行非常可靠。由于该总线具有很强的自诊断功能，因此，可以预先诊断和维护在线设备，提前排除故障，减少停机时间，提高了生产的可靠性，同时大大降低了系统运行、维护费用。PROFINET 控制系统将网络通信协议简化为一种，成功地实现了工业以太网和实时以太网技术的统一，使得工业以太网技术向底层现场级控制的延伸成为可能，极大地节约了构建成本及未来

维护成本。PROFINET 完全透明地兼容传统工业以太网和办公室以太网。因此，通过使用 PROFINET 就可以在整个工厂内实现统一的网络架构，真正实现了一网到底，为公司的信息化提供了坚实的通信平台，为未来柔性生产系统的构建打下了良好的基础。

说明：本文参考了《SIMATIC S7 – 317F 可编程序控制器　硬件和安装手册》（西门子）、《SIEMENS PROFINET 工业现场总线硬件和安装手册》（西门子）、《RGV 原理及现场操作维护指南》（德国 MBN 公司）。

预知维修在钢厂设备维修中的应用

聂崇瑞　聂东宁
（430083　武钢股份设备维修总厂）

摘　要：针对预防维修所暴露出来的问题，推行预知维修模式。在实施中，以状态监测为基础，开展适时、适度维修，减少过维修所带来的不良影响。

关键词：预知维修　状态监测　适时维修　适度维修

1　引言

以前钢厂采取的维修主要是预防维修，这种维修模式虽然产生了一定的积极意义，使得设备故障率有了一定程度的下降，但这种模式也存在着一定的缺陷，即过维修。预防维修的宗旨是以“防”为主，一方面是对通过点检中查出存在问题的设备予以更换；另一方面还要对一些不便采用点检的设备采取周期更换。预防维修的主要目的是防止因突发故障（事故）造成设备非正常停机，使得一些本可以继续使用的零部件被提前更换，而已进入正常磨合期的设备又需要重新经历新的磨合期才能达到原有水平。同时，为了防止设备事故的发生，维修人员宁可多检修、多更换，以此来确保设备状态的稳定运行，这些都是造成过维修的重要原因。而过维修造成了大量人力物力的浪费。

2　优化维修方式，实施预知维修

预知维修是一种以设备技术状态为基础的维修方式，它是根据设备的日常点检、定期检查。状态监测和诊断提供的信息，经过统计分析、处理来判断设备的劣化程度，并在故障发生前有计划地进行适当的维修。由于这种维修方式对设备适时、适度地、有针对性地进行维修，不但能保证设备经常处于完好状态，而且能充分利用零件的使用寿命，因此修理更合理。

预防维修既浪费人力、财力，又增加了设备整体故障率，而预知维修能根据故障早期征兆进行故障预报，并能对故障进行诊断和趋势分析，制订出合理的维修方案，针对性强，避免了维修的盲目性。预知维修既能使设备经常保持良好状态，又能充分利用零件的使用寿命。因此，它能有效地克服预防维修造成的设备过修和失修的问题；减少了停机时间，降低了维修费用，提高了设备的安全性和可用性。

预防维修与预知维修的最主要区别在于变预防为预知，以设备状态为基础，即设备状态劣化（以不影响产品质量、产量为前提）到要影响生产前一、二个维修周期时进行维修。这是一种最经济的维修方式，可以有效地消除人为因素造成的过维修。

预知维修的宗旨是要推行“机会维修”，即有计划地采取适时、适度的维修方式。预知维修也是有计划的，而且这种计划是建立在“状态”基础上的计划，它将工作重点置于设备状态信息的收集上。针对故障征兆，根据轻重缓急分类排队，适时、适度维修。“适时”指见缝插针，利用生产空隙进行修理，真正体现维修为生产服务；同时，打破原来维修人员长白班的工作限制，适当安排中班甚至夜班作业。“适度”则体现在只拆卸故障部位，只更换损坏的零件，可大幅减少停机时间。

3　完善监测体系是实现预知维修的基础

对设备进行状态监测，可以有效提高周期控制精度，准确把握设备的运行状态。如电气控制系统的电压、电流、温度、时间等，以及液压系统压力、温度、油位等，还有机械传动的位置、转速等参数的监控。采取这些监测手段来提高预知维修的准确性。为了进一步提高监测范围，除了一些传统的监控手段外，还必须针对特定设备增设一些有效的监控手段。

转炉煤气风机是影响转炉正常生产的关键设备，一旦发生突发性故障，对生产影响极大。因此对风机某些关键部位的振动采用了位移传感器进行跟踪监测，以确保风机运行受控。

火焰切割是连铸工序中的关键环节，长期工作在高温区域，环境十分恶劣，其主体设备切割车车体需要通水冷却。但由于冷却管道内部结垢堵塞，加上切割车车体冷却水无流量监测装置，经常发生因水量过小烧坏车架，甚至造成冷却水管爆管的事故发生。通过加装车体冷却水流量监测装置，使得冷却水管堵塞的问题得到了有效监控。

二冷水是用来对高温连铸坯进行强制冷却，使其加速凝固的冷却介质。由于终端喷嘴孔眼很小，如果水质较差，水中杂质较多，就容易堵塞喷嘴，造成冷却不足，直接影响铸坯质量。过滤器是用来过滤水中杂质保证二冷水清洁的设施，由于它是一个密封的缸体结构，内部出现堵塞故障不容易排查。通过对过滤器加装电气监控设备，及时监测过滤器的通水流量，从而判断过滤器的使用情况，进而通过对过滤器的堵塞报警来达到监控其运行的目的。

推钢机是连铸机中比较典型的故障易发部位。生产中铸坯过长时，易撞击移钢机立柱，导致推钢机油缸耳板垮，甚至推钢机摇杆轴垮，最终造成停机事故。同时因推钢机安装在冷床下面，其结构复杂，加上空间狭小，一旦发生故障维修抢险十分麻烦。通过在推钢机阀台上增设压力继电器，对该部位进行故障压力监控。一旦达到故障压力时，控制程序就锁死推钢机换向阀，防止推钢机再动作，以此保护推钢机机构不受损。同时在操作室设置报警装置，便于操作和维护人员及时处理。

4　积极推行适时维修方式

过维修的客观存在是造成检修频率、检修负荷升高的原因之一。如何使计划维修时间更接近于实际需要的维修时间，这就要对设备的周期寿命及其运行状态进行掌控。开展预知维修，以提高周期控制精度。适时维修的实质就是充分利用生产过程中的各种工艺停机时间，以及生产间隙时间来进行见缝插针的维修。开展适时维修有两点必须引起重视：一是维修人员要与生产调度部门密切协调，随时了解工艺停机时间和生产间隙时间的安排情况；二是打破以前维修作业一般只安排在长白班进行的习惯，根据需要安排中班甚至夜班开展维修作业。在充分掌握了中、夜班工艺停机的准确信息后，安排部分维修人员跟班倒，直接参与中、夜班进行维修作业。

在中、夜班作业中维修，最重要的是安全要有保障，中、夜班作业光线差，人的精神状况也不能比白天，加上没有安全巡查人员，这些都是潜在的安全隐患。首先必须重点落实安全措施，严格履行安全手续，以降低中、夜班作业的安全风险。其次是注重维修质量，由于中、夜班作业这种特殊环境条件所限，极易产生维修质量问题；因此必须针对不同项目，制定更为严格的质量控制标准及验收要求，确保中、夜班的维修质量。

5　适度控制维修的范围和规模

适度维修的主要目的是控制维修的范围和规模。过去，对于发生故障的设备，是怎么方便就怎么维修，这样做有时候往往就扩大了维修的范围。如某个液压换向阀的电磁铁发生故障，就连该电磁阀一并更换。虽然这样比较省事，但无形中增加了备件费用，提高了维修成本。开展适度维修就是要做到什么部位损坏就维修什么部位，严格防止扩大维修范围。同时，充分调动技术人员、技师的积极性，开展技术创新和技术攻关活动，增加适度维修的项目。以前液压柱塞缸密封损坏漏油，一般都是成台更换液压缸，然后送外委修复。经过液压技术人员与技师的联合攻关，决定在确认液压缸密封损坏的情况下采取不更换液压缸，直接在线更换液压缸密封的方式。并首先选择了 LF 炉电极升降液压缸作为试点，LF 炉电极安装在横臂上，而电极横臂靠立臂来支撑，电极立臂则由一个柱塞液压缸来驱动升降。因此一旦更换电极升降液压缸，就要把电极横臂、立臂及相关联的水冷电缆、冷却水管和液压油管都要拆除吊离，才能进行液压缸更换作业。仅电极立臂和横臂就有十多吨重，更换非常麻烦，而且影响生产。该柱塞液压缸密封件安装在液压缸的下部法兰处，如果直接拆开法兰更换密封件，其作业程序要省事得多。但前提是必须想办法不能让横臂与立柱的重量落在液压缸上，并将液压缸吊离支撑面。通过技术人员的集思广益，制作了一个支撑座放在电极横臂下方，并同横臂一起固定好。再把电极横臂落在座子上，使电极立柱与横臂的重量不落在液压缸上。采取了以上措施后，更换液压缸密封作业就能很方便地进行了。类似于这种维修方式，不仅大大缩短了维修时间时间，而且节省了液压缸修复费用。目前，这种作业方式正在逐步推广应用到其他类似的液压柱塞

液压缸中，如中包连续测温装置升降液压缸等。

6 适度缩短在线维修作业时间

适度维修的另一层含意是在不减少维修项目的前提下，缩短在线维修作业时间。实现这个目标的主要方式就是推行在线更换，离线维修。这种方式所适用的维修范围是一些在线上进行维修显得十分麻烦，而整体拆装这部分设备反倒相对简便的项目。因为这些项目如果在线上维修不仅费时费工，而且维修质量得不到保障。

以连铸机拉矫机上辊的更换作业为例，该项目在线更换十分麻烦。该作业程序是：先把拉矫机机架拆开解体，然后更换上辊，接着更换水套，再把机架组装复原，非常麻烦。一般作业一般需要 13h，遇到不顺利时，甚至达 16h 之久。同时由于在线更换拉矫机上辊，受时间限制，安装精度得不到保证，而且有些缺陷根本就没有时间处理，只能等到下次停机时才能解决。既影响了生产时间，又增加了职工的劳动强度。现采用在线更换、离线维修的作业方式，即把在线更换拉矫机上辊改成在线成套更换拉矫机机架、再离线更换组装拉矫机上辊。一次检修分解成两次作业完成。使得在线作业的时间大大缩短，离线维修组装备件的时间则比较充裕，备件的组装精度得到了更好的保证。

7 结束语

状态监测为预知维修提供了准确的信息资料，采取适时、适度的维修方式有效地改变了因预防维修所带来的过维修的情况，节省了大量的人力物力，降低了备件消耗，为钢厂设备的稳定运行提供了可靠的保障。

参 考 文 献

［1］ 王英，乔金友．状态预知建模研究综述［J］．价值工程，2011（29）：274.
［2］ 于见刚，郝伟．融合状态监测诊断技术的设备管理系统［J］．机械设计与制造，2011（12）：255.

因联接螺栓缺失导致施工升降机受力不平衡产生的倒塌事故

李芳龙　余国意

（230051　安徽省特种设备检测院）

摘　要： 施工升降机是由轿厢、驱动机构、标准节、附墙、底盘、围栏、电气系统等几部分组成，是建筑中经常使用的载人载货施工机械。由于其独特的箱体结构使其乘坐起来既舒适又安全。随着施工升降机在不同的工地上频繁使用和拆卸，各种施工升降机安全事故也日益增多。本文将以施工升降机升高架节过程中时发生伤人事故为例，从施工升降机联接螺栓部位、安全装置和安装情况等方面查找事故原因。并对施工升降机现场情况进行鉴定分析，提出了预防此类事故发生的安全与管理措施，防止类似事故的再次发生。

关键词： 施工升降机　架节　事故　安全装置　螺栓

1　引言

施工升降机又叫建筑用施工电梯，是建筑中经常使用的载人载货施工机械，由于其独特的箱体结构使其乘坐起来既舒适又安全。施工升降机在工地上通常是配合塔式起重机使用，一般载重量在 1～3t，运行速度为 1～60m/min。施工升降机的种类很多，按起运行方式有无对重和有对重两种；按其控制方式又分为手动控制式和自动控制式。按需要还可以添加变频装置和 PLC 控制模块，另外还可以添加楼层呼叫装置和平层装置。施工升降机的构造原理、特点是施工升降机为适应桥梁、烟囱等倾斜建筑施工的需要，它根据建筑物外形，将导轨架倾斜安装，而吊笼保持水平，沿倾斜导轨架上下运行。

施工升降机是高层建筑施工中的重要设备，也是施工现场容易发生事故的危险源，更因为它能引发多人伤害的重大事故。如在某工地，某日下午 2 时 50 分左右，某厂安装人员在对某楼层 5 号楼施工升降机（工地编号）进行升高架节过程中，施工升降机的顶部三节标准节连同南侧吊笼向南发生倾覆，吊笼及顶部三节标准节被东南角的一个联接螺栓倒挂在顶部第四节标准节上，在吊笼顶上作业的人员陈某及唐周由于吊笼的倾覆而摔落，造成施工人员陈某经抢救无效死亡，施工人员唐周受重伤，施工升降机严重摔坏。

在现代高层建筑施工中，已大量使用了施工升降机（以下简称升降机）。但是，施工企业由于各种原因，如有些施工升降机不是施工企业的固定资产，而只是租赁其他公司的设备来使用，因此就产生了管理疏忽或滞后等原因造成的安全隐患。

随着施工升降机需求剧增，市场上涌现出许多大大小小的租赁公司，即有大型企业的施工升降机租赁公司，也有施工升降机生产企业参与出租，甚至出现有一些个体户购买大型企业淘汰的设备来进行出租。这些出租单位的安装队伍在一些人员配置、技术管理和所配备的安装工具和设备相差很大，安装人员的素质普遍较低，有的甚至用未经正规培训的农民工来进行安拆作业，没有制订有针对性的安拆方案，没有对安装人员进行安拆安全技术培训，就进行安拆作业而使事故现象频频发生。

通过勘察某事故现场，询问现场目击人员，并且依据现场资料和有关人员的情况反馈及相关标准进行技术分析得知，该台升降机是安装使用后第二次升高架节，第一次升高架节是在 2011 年 8 月 22 日，分两次一共加了七节，发生事故的断开点正是第一次加节时在空中施工的连接点。第一次升高架节开始时天气正常，但在施工过程中下过阵雨。事故发生后现场倒塌的升降机、损坏的其他物件，如图 1、图 2、图 3 所示。

在事故现场检查升降机无其他结构破坏及失稳现象。除第三节标准节与第四节标准节连接的东南角拉弯的标准节螺栓，现场未发现其他被拉断和折弯的升降机标准节联接螺栓。吊笼内无其他重物。第三节标准节与第四节标准节连接的东南角拉弯的标准节螺栓孔处有明显变形痕迹，第三节标准节与第四节标准节连接的其他螺栓联接处的孔位置未见变形，如图 4、图 5、图 6 所示。第四节标准节与第五节标准节连接的螺栓孔痕迹。痕迹与第三节标准节与第四节标准节连接的孔位置的痕迹明显不同，由于近期经常下雨螺栓头下部颜色

较深，如图 7 所示。与第三节标准节连接的附墙架部分螺栓拉断，螺孔处有明显痕迹，如图 8 所示。施工升降机正常使用时吊笼处在第四节标准节以下位置，在发生事故之后，吊笼的在空中的位置，如图 9 所示。



图 1　倒塌的施工升降机驾驶室



图 2　倒塌的施工升降机标准节及连接处

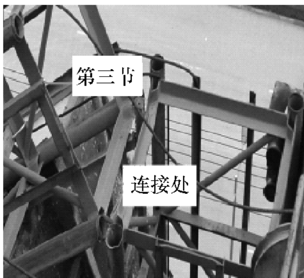




图 3　倒塌的升降机标准节连接处清晰图



图 4　拉弯的标准节螺栓孔处的变形痕迹



图 5　标准节螺栓孔处的变形痕迹



图 6　标准节连接的螺栓孔痕迹



图 7　正常的标准节连接的孔位置的痕迹

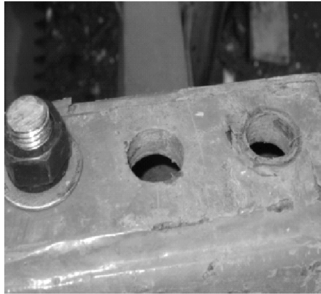


图 8　拉断螺栓的螺孔处痕迹



图 9　倒塌的吊笼空中图

2　事故分析

1）经过现场勘查及对施工过程的了解发生事故的原因是当南面的升降机上升到顶部第三节以上时，吊笼的重量在标准节上施加了一个偏心力，产生了一个向南翻转的弯矩。而这个弯矩超过了顶部三节标准节自重产生的抗倾覆力矩时，由北侧的标准节联接螺栓的拉力平衡弯矩。而此时标准节上北侧的联接螺栓在事故现场未找到，而且从螺孔的痕迹可以判定，发生事故时北侧螺栓已不存在。最终导致事故的发生。因此第三节标准节与第四节标准节连接的螺栓失落是事故发生的直接原因。

2）正常使用时上面三节标准节虽然只有一个螺栓联接，处于不稳定状态，但标准节连接面是凹凸配合在自重力的作用下，即使有运行而产生的振动也不会产生横向移动。上面三节标准节通过顶部天轮，受到两个由对重通过滑轮施加的平衡的顺标准节轴向的力作用，在没有侧向力的作用时，处于相对稳定状态，因此未发生事故。

3）第三节标准节与第四节标准节连接的其他螺栓根据分析应该是在第一次升高加节时，突遇下雨匆忙之间未上紧，而且安装的方向是螺母向上，之后也未重新检查紧固。受运行振动的影响使联接螺栓脱落，使上部三节标准节处于不稳定状态，在受到向南的侧向力或弯矩时造成事故的发生。

3　事故原因

1）经过现场勘查及对施工过程的了解发生事故的原因是当南面的升降机上升到顶部第三节以上时，吊笼的重量在标准节上施加了一个偏心力，产生了一个向南翻转的弯矩，而这个弯矩超过了顶部三节标准节自重产生的抗倾覆力矩时，由北侧的标准节联接螺栓的拉力平衡弯矩。而此时标准节上北侧的联接螺栓在事故现场未找到，而且从螺孔的痕迹可以判定，发生事故时北侧螺栓已不存在，最终导致事故的发生。因此第三节标准节与第四节标准节连接的螺栓失落是事故发生的直接原因。

2）正常使用时上面三节标准节虽然只有一个螺栓连接，处于不稳定状态，但标准节连接面是凹凸配合在自重力的作用下，即使有运行而产生的振动也不会产生横向移动。上面三节标准节通过顶部天轮，受到两个由对重通过滑轮施加的平衡的顺标准节轴向的力作用，在没有侧向力的作用时，处于相对稳定状态。因此未发生事故。

3）第三节标准节与第四节标准节连接的其他螺栓根据分析应该是在第一次升高加节时，突遇下雨匆忙之间未上紧，而且安装的方向是螺母向上，之后也未重新检查紧固；受运行振动的影响使联接螺栓脱落，致使上部三节标准节处于不稳定状态，在受到向南的侧向力或弯矩时造成了事故的发生。

4　结束语

1）强化对施工升降机的安装管理和安装人员的技术及责任心教育。并完善使用过程中的规范管理，杜绝类似事故的再次发生。

2）施工升降机的使用单位应完善起重机使用的管理、维护和定期维护保养工作，加强对设备的日检、月检和年检工作并认真做好记录落实到位，形成制度。

3）由于当前制造和安装单位后期服务不到位，可能会使使用的设备埋下安全隐患。建议相关管理部门要对制造、安装单位实行安全质量保证金制度，用经济杠杆的作用来完善对制造、安装单位的管理，提高制造、安装单位的质量意识和质量风险。切实保障用户的利益，保证施工升降机的安全使用。

参 考 文 献

［1］　国务院特种设备监察条例［S］.

［2］　王福绵．起重机械技术检验［M］. 北京：学苑出版社，2000.

［3］　GB 6067—2010 起重机械安全规程［S］.

［4］　王福绵．起重机械事故预防与故障分析［M］. 北京：北京理工大学出版社，2008.

［5］　刘丽英．浅谈施工升降机的安全使用［J］. 中国新技术新产品，2009（3）：18－22.

强化岗位点检，有效提升设备管理水平

乔玉华

（117000　辽宁冶金职业技术学院）

摘　要：岗位点检是设备管理中基本的组成部分，其主体是岗位操作人员；强化岗位点检、切实发挥岗位操作人员的作用，是做实点检定修工作的重点，也是提升设备管理水平的关键。简述了岗位点检与点检定修制，并从某企业岗位点检效果不佳原因分析入手，叙述了岗位点检的重要意义；总结了某企业岗位点检成功经验。在强化岗位点检的一年中，设备故障明显减少，维修费用大幅下降，且取得了很好的效益，设备管理水平显著提升。

关键词：岗位操作人员　岗位点检　点检定修　设备管理

1　引言

点检定修制是一套制度化比较完善的科学管理方法，它的实质就是以预防维修为基础，以点检为核心的全员维修制。可实现低费用、高质量地管理好设备，达到减少设备故障、降低维修费用、提高设备综合效率的目标。

点检定修制主要内容包括三个方面：一是推行全员生产维修体制，即凡参加生产过程的所有人员都要参加设备维护工作，生产操作人员负有用好、维护好设备的直接责任，并承担设备的清扫、紧固、给油脂、调整、小修理和日常点检业务，这样就使生产操作人员与点检方融为一体，成为全员管理的基础；二是对设备进行预防性管理，即通过点检员对设备进行点检（即预防性检查）来准确掌握设备技术状况，实行有效地计划维修、维护和改善设备工作性能，预防事故发生，延长机件寿命，减少停机时间，提高设备工作效率，保障正常生产，降低维修费用；三是以提高生产效益为目标，提高计划性检修，即合理精确地制订定修计划，统一设定定修模型，做到在适当的时间里进行恰当的维修，实行标准化程序管理。

点检定修制将点检分为三级：第一级为岗位点检；第二级为专业点检；第三级为精密点检。

岗位点检是由专职点检员制定点检标准和安排点检计划，由岗位操作人员负责本岗位的设备状态检查、清扫、紧固、润滑、调整、易损零件更换、简单故障处理、记录等。岗位点检是点检定修制的基础，是设备防护体系的第一层防护线。通过岗位点检检查，能及时发现设备的异常现象，并消除隐患；避免了设备在不正常状态下继续工作；防止了设备劣化的扩大和延伸。通过岗位点检维护，保证设备经常处于最佳状态下工作，延缓设备的劣化；同时通过岗位点检可以提高岗位人员关心设备的程度和爱护设备的热情。

某冶金企业推行设备点检定修制已有十余年时间，通过对点检定修制的不断深化和完善，保证了设备稳定、安全、经济的运行。岗位点检作为点检定修体系中的第一层防护线，无论是在合理使用设备、保证设备稳定运行、及时发现设备隐患方面都有很重要的意义。但现今该冶金企业岗位点检工作效果不突出，具体表现为：对岗位点检的重要作用和意义认识不足；岗位点检职责不清；缺乏对岗位操作人员点检知识及点检技能的培训；缺乏有效的监管和绩效考核。由于岗位点检存在这些问题，使得点检工作没有落实到底，设备运行管理就没有形成闭环。从近年的典型事故上可以看出，多数事故是由于岗位点检未真正起到作用造成的。因此，深化点检定修制，尤其是强化岗位点检势在必行，强化岗位点检也是提升设备管理水平的有效途径。

2　岗位点检的重要意义

岗位操作人员不仅进行生产活动，还应承担保养、维护设备的工作；岗位点检人员通过对设备有计划清洁、润滑、点检及维修，可以加强对设备的深入了解，避免设备发生故障，提高设备使用效率。岗位点检工作开展的好坏是点检体系能否有效保障生产设备稳定运行的关键。

（1）岗位操作人员是设备管理的第一责任人　设备的正常运行是操作人员完成各类生产任务的首要条

件，因此关注设备的运行状态是他们的一项重要工作，也是他们的重要职责。岗位操作人员时刻在设备周围，且能及时发现设备的异常现象，可避免设备在不正常状态下继续工作，因此岗位操作人员作为设备管理的第一责任人，对设备管理的意义非常重大。

（2）岗位操作人员的素质与设备效能的发挥息息相关　设备是生产的工具，工具性能的优劣直接影响企业产品的质量，技能较高的操作人员在一定程度上可以弥补由于工具缺陷造成的产品质量问题；技术含量较高的设备，对操作人员素质要求也较高，只有两者相匹配时才能发挥出设备应有的技术优势。通常操作人员技能的高低不仅能反映在产品的产量和质量上，而且还反映在设备的使用寿命上。

（3）岗位点检是点检定修体系第一层防护线　通过岗位点检，一旦发现异常，除及时通知专业人员外，还能自己动手排除异常，进行修理。岗位点检作为点检定修体系中的第一层防护线，在合理使用设备、保证设备稳定运行、及时发现设备隐患方面都有很重要的意义。

（4）岗位点检是“三位一体”的重要组成部分　岗位点检是设备管理制度的基本要素，是设备管理发展和分工的产物，也是全员设备管理的表现形式。岗位点检是基础，强调的是广度；专业点检是核心，强调的是深度；精密点检是补充，强调的是精度。只有三者有机结合充分发挥团队精神，设备管理才能有效进行，设备效能才能充分发挥。

（5）岗位点检是实现设备管理“零故障、零影响”管理目标基础　据统计90%的故障是没有及时点检（更换）而造成，只有3%的故障很难早期发现。由于操作人员24h与设备打交道，他们对设备的运行状况了解比较清楚，是设备异常情况的第一发现人。有2/3左右的设备异常是由操作人员发现的。为了实现“零故障、零影响”的管理目标，有必要深化点检定修制，尤其是岗位点检工作的贯彻和实施。

3　在强化岗位点检中的几点成功实践

（1）认真做好岗位点检基本工作

1）点检检查：点检检查是依靠视、听、嗅、味、触等感觉来进行检查，主要检查设备的振动、异声、温度、压力、连接部的松弛、龟裂、电路的损伤、腐蚀、异味、泄漏等，并加强对安全设施检查。

2）清扫：清扫是指干净地擦去设备上的灰尘与污物，包括隧道、工作台（床）、航梯、屋顶等的清扫，各种机器的非解体拆卸清扫。清扫可以防止设备强制劣化，并使设备的潜在缺陷表面化。

3）给油脂：给油脂是指应及时加满设备充油部件和使相对运动机件间始终保持良好的润滑状态。润滑不良可导致设备突发故障，以及加速设备劣化，并诱发设备产生各种故障。

4）紧固：紧固是指防止设备连接件松动与脱落。应经常检查机械连接部位，一旦发生松动应及时加以紧固，否则就会引起振动；严重时会降低设备原设计的装配精度，引发故障。

5）调整：调整是指对弹簧、传动带、螺栓等的紧固和调整，以及制动器、限位器、液压装置、电气开关整定值及机器的一些工作参数的简单调整。简易的调整作业是岗位操作人员必须具有的技能和具体实施的内容。及时对机件运行动作及其运行条件进行适当调整是必要的，也是操作人员合理使用设备、正确操作设备不可缺少的一环。

6）整理和整顿：整理和整顿是指简化、改善管理对象，遵守管理标准，将现场的所有物件加以标准化。

7）简单维修和更换：简单维修和更换是指设备上的挡板、挡块、撞针、软管、油嘴、带式输送机托辊、螺栓、指针、片（块）、熔丝、销及油封等的维修和更换，以及其他简单小零件的更换和修理。岗位操作人员来完成简单的维修和更换，这样做可以使生产人员站在管理好设备的立场上来完成生产任务。

8）记录管理：记录管理是指对所辖区域各项点检内容的检查结果做好记录，对设备做好使用记录。

9）合理化建议：合理化建议是指管理岗位点检人员日常要有主动管理意识，要对检查所辖区域设备运行提出好的合理化建议，通过合理化建议的实施来不断改善现场生产设备的运行状态。

（2）从基础作起，循序渐进，开展6S活动　“6S”活动是指对生产现场各生产要素所处状态不断进行整理、整顿、清扫、清洁、保证安全和提高素养的活动，是现场设备点检管理最基础的内容。

（3）从基层作起，全员参与，开展岗位自主维护活动　开展自主维修活动，使生产现场操作人员熟悉设备构造和性能，不但要会正确操作，而且要会维护保养、会诊断故障、会处理小故障。使现场设备的维

护保养和小修理成为操作人员的自觉行为。

（4）明确责任，有效激励　划分责任之前必须合理分工。首先，根据点检定修制的要求对岗位点检和专业点检进行合理的分工，并明确其相应的责任；其次，要制定必要的激励机制，奖优罚劣，使岗位点检能够长远发展。

（5）培训交流，持续提升　为了有效推进岗位点检，使操作人员掌握点检工作的技能，熟悉点检业务流程，能够独立地完成好点检工作，应进行必要的培训。设备和生产双方之间通过不定期的交流，使双方在设备管理上的配合默契，提升设备管理水平。

4　结束语

某冶金企业在强化岗位点检工作中遵循“层层贯彻、注重培训、严肃考核、持续改进”原则，将岗位点检工作同岗位现场“6S”活动、自主维护活动有效结合起来，明确岗位点检人员是现场设备管理第一责任人，建立起坚固的点检定修体系的第一层防护线，以确保生产设备安全、稳定、经济运行，最终形成全员参与的设备管理格局。在强化岗位点检的一年中，设备故障明显减少，维修费用大幅下降，并取得了很好的效益，设备管理水平也有显著提升。

参考文献

[1]　张孝桐，孙金城，李葆文．规范化的设备点检体系［M］．北京：机械工业出版社，2005.

对冶金企业备件国产化的思考

聂崇瑞　聂东宁
（430083　武钢股份设备维修总厂）

摘　要：阐述了冶金企业备件国产化的意义及实施过程，分析了冶金企业备件国产化的常见问题，并给出了进口备件国产化方面的有益建议。

关键词：进口备件　国产化　质量　成本

1　引言

当前，国内冶金企业中很多设备仍然选择从国外引进，进口设备因其技术的先进性在企业生产中起着关键的作用，这部分设备的正常运转是保证生产顺利进行的前提，而设备的维修保养必然涉及到备件问题。那么这些备件是继续从国外引进，还是走国产化的道路是个相当重要的命题，因为这不仅涉及到备件进货周期问题，更是关系到企业大量备件采购费用的问题。必须引起企业的高度重视。

2　备件进口与备件国产化间的权衡

（1）继续延用进口备件的利弊

1）进口备件质量可靠，寿命长。

2）进口备件成本高。进口备件价格一般是国产备件价格的 3 ~ 10 倍，占用采购资金量大。

3）进口备件采购周期长、采购环节多，且需要通过层层代理，其周期不易控制。

（2）备件国产化的利弊

1）国产备件供货周期相对较短，备件制造周期可直接与制造厂家协商，相比较从国外进口来说周期易于掌握。

2）国产备件售后服务好。国产备件使用中质量、技术方面出现的问题可以及时反馈给制造商，沟通比较方便，制造商到现场处理问题及时。

3）国产备件价格低，采用国产备件可节省大量资金，有利于降低生产成本。

4）可有效防止国外企业产品升级换代，因国外产品更新换代快。一旦进行升级换代，原有规格备件将会停止生产，其结果是造成这些设备备件供应断档。

3　进口备件国产化的意义及可行性论证

随着我国科学技术的迅猛发展，在设备和备件的制造加工水平上都有了很大的提升，国内许多企业生产制造的设备备件都能够满足冶金行业的特殊要求。

在进行备件国产化工作之前，技术部门必须了解原进口备件的性能特点、工作情况，以及零件的结构特点和工作要求；必须了解现场情况，掌握第一手资料。然后根据这些资料进行分析，做好国产化可行性论证工作。备件国产化的终极目标之一是通过借鉴国外产品，学习其先进的设计、制造经验，找到与国外先进企业间的差距，提高国内加工水平，推进我国工业化的进程。

4　备件国产化的实施过程

（1）备件国产化的前期准备　引进备件国产化是一项技术性较强的工作。为了确保国产化效果，做好备件国产化前的各项准备工作十分重要。在引进设备的同时，随机附带了相关技术资料及常用易损备件。技术资料包括设备使用说明书、设备结构图、零件材料及性能简介等，技术人员应建立相应设备及备件台账。详细记录每次检修过程中零件磨损情况、腐蚀情况、机械变形程度等，并进行结构尺寸对比分析。摸索设备部件正常使用寿命，积累技术资料，合理掌握备件库存。

（2）制造商的选择　备件制造厂商应选择国内重点企业，即有一定的生产实力，且在同行业中有良好信誉。要派技术人员到制造商处进行现场考察，了解制造商的规模、能力等实际情况。若有可能，还要到使用过该制造商所提供备件的企业走访，掌握该制造商的第一手资料。

（3）备件的研究　备件结构尺寸研究是国产化非常关键的一项基础性工作，有高水平的图样，才能生产出高质量的备件。在结构尺寸研究过程中必须注意以下问题：①在结构尺寸研究前要搞清设备进口国采用的设计标准和计量制，实测尺寸时就可做到取舍适当，使其符合原设计的要求。②应根据结构尺寸研究对象的技术复杂程度准备好相应的测量用具，以便能够对所测备件进行准确无误的测量。③结构尺寸研究工作要尽量提前进行，设备使用的时间越短，磨损的程度越轻，精准度就越高。

（4）备件制造过程中的质量控制　加强制造过程中的质量监督，是提高国产化产品质量的重要途径，备件的国产化质量控制的重点是跟踪检查主要备件、关键零部件、关键工序的质量是否符合设计图样和标准的要求。从原材料购买、加工、制造、组装、试验、包装、发运等各个基本环节进行必要的确认和控制。

（5）把好备件验收关　备件验收是保证国产化备件质量的最后一道环节，不仅要对备件的相关参数、指标进行必要的测试，在具备条件时，还要对试制备件进行模拟上机试验，尽量多掌握一些试验运行数据，以确定与原进口备件是否存在差异性。

5　备件国产化实施中的几个问题

（1）照本宣科式的模仿　这也是目前备件国产化实施过程中存在的最大的误区之一，只注重外观神似，不注重内在质量。因此往往外观上看起来差不多，但一用上去就不那么回事了。进口产品可以用几年，模仿产品只能用几个月，甚至更短。

（2）技术要求没有吃透　对国外进口备件的技术含量吃不透，比如零件的热处理技术掌握不好，造成国产备件内在质量欠缺。

（3）不注重细节　进口备件不仅能保证内部高质量，对外观质量也很重视，甚至包装都很美观。而国产备件在这些方面就十分的不注意，很多设备、备件根本不用看商标，一眼就能看出谁是国产货、谁是进口货。

6　对备件国产化的几点建议

（1）注重吸收别人的经验

实施备件国产化时，一方面要借鉴进口设备的优点，另一方面也要吸收国内同行业的成熟经验，为本企业所用。特别是国内同行业或其他行业的成熟经验，对企业国产化工作有着特殊的意义。所以在日常生产过程中，一定要加强与相关企业的交流与合作。

（2）在消化吸收的基础上勇于创新

在国产化实施过程中，要重视借助国内各重点装备制造企业的优势技术力量，研究进口设备的优点，对国外技术进行消化和吸收。国产化不只是简单的模仿，而是要吃透人家的技术精髓，在国产化平台上发挥自己的长处，勇敢创新，提高技术含量，提升设备性能。

7　结束语

进口备件国产化是一项长期、细致的工作，需要投入大量精力去研究、探索，以使在实施过程中尽量少走一些弯路，这项工作做好了。不仅是确保引进设备能正常有效地发挥作用，也不仅是为企业降低备件费用消耗，更重要的是可以大大缩短我们自己与国外先进技术之间的差距。

参 考 文 献

［1］　刘刚．进口设备备件国产化应用［J］．设备管理与维修，2012（B05）：84.

［2］　李河水．进口设备备件国产化研究与实践［J］．中国设备工程，2011（11）：15.

三表对中方法的实际应用与优化

田　亮
（244021　安徽六国化工股份有限公司氮肥厂设备部）

摘　要：三表对中方法广泛用于轴承对中精度校准测量中。如何科学地运用此方法，在实例中优化验证，并获得了可操作性的方法，提高了工作效率。

关键词：方法　原理　微调　优化

1　引言

在运转设备的安装与检修中常常会遇到轴系对中这一工作内容，而轴系对中精度的高低直接决定着设备运转状态的优劣及零部件使用寿命周期的长短。运用科学的对中方法提高对中精度，是保障设备连续、长、满、优运行，降低生产成本的有效途径。

2　三表对中

离心压缩机组轴承多采用轴向窜动较大的滑动轴承，且转速通常为每分钟近万转，对轴系对中精度的要求比较高。采用三表对中的方法可以有效地消除由于轴向窜动所带来的张口方面的偏差，转子状态及张口方向的判断比较直观，可以准确得计算出前、后支脚的调整量，达到理想的对中精度，如图 1 所示。

（1）方法　三表对中是采用一个径向表两个轴向表（相对 180°设置）对一测点进行 360°的旋转测量从而直观、准确得反映出两转子上、下、左、右的相对状态，前提是需要预制合适的对中盘、对中架，如图 2 所示。

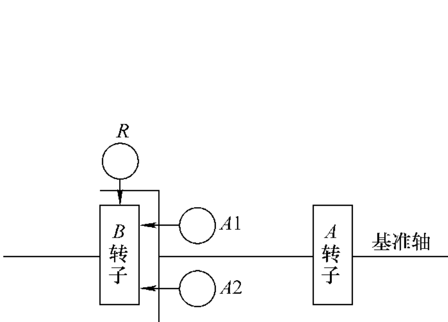


图 1　百分表架设示意图

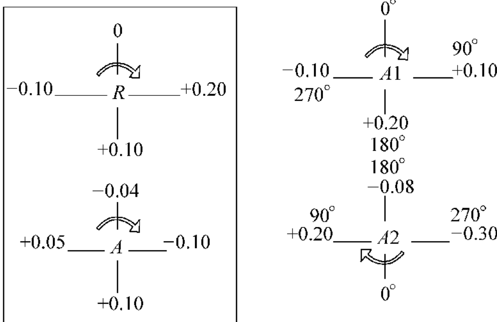


图　2

R—径向表数据；　A1—轴向 1 表数据；
A2—轴向 2 表数据；
A—A1、A2 相对位置两数值和的平均值（要带入 ± 号）；
※方框内的数据即为最终计算及作状态图的数据依据。

（2）适用场合　精密高速旋转机械设备；轴向窜动较大设备；采用滑动轴承的设备；对中精度要求高的设备。

（3）操作

1）准备工作——准备相关专用工具；将对中盘四等分并分别标记出“0°、90°、180°、270°”位置线；检查百分表精度及灵敏度；架设百分表用吊线法校正垂直度。

2）将转子轴基本摆中，使左、右径向偏差控制在 0. 05mm 以内（这样测得的数据才会准确）。

3）按转子旋转方向同时盘动两转子每次转动 90°，如果转子过重可分开盘动。分别记录转子 90°、180°、270°、360°的读数。

（4）数据有效性判则

1）数据要“圆”：表架设好后，先盘动 360°看表针是否归零，否则，就要查找原因。

2）造成数据不圆的原因：百分表不准（先检查表是否回零）；表架没有拧紧（用手指轻敲表架，看表针是否转动）；对中工具强度不够挠度过大；联轴器的外圆不圆，盘车时两联轴器没有转动相同的角度的角度（确保转动相同的角度）；重复打表，直至打出的表值在同位置的读数偏差在 0. 03mm 以内。

3）遵守数据有效性判则：径向表必须符合 $a_1 + a_3 = a_2 + a_4$ 即上下两值相加之和 = 左右两值相加之和。

（5）状态判断法则（表架在基准轴上测量调整轴）

1）径向表：哪一侧的数值小基准轴就偏向哪一侧。

2）轴向表：哪一侧的数值小张口就在哪一侧。

3）以图 2 方框内数据做出转子状态图（图 3）。

图　3

0—0 线 = 理想轴线　D = 两轴向表测点之间的距离　$K-F$ 线 = 实际轴线　L_1 = 前支脚至联轴器距离　X = 前支脚　L_2 = 后支脚至联轴器距离　Y = 后支脚　$e = BN$ = 张口量 = A 表 0°与 180°代数差（计算时要代入正负号）　$a_{3/2}$ = 中心距偏差

（6）调整原理　转子轴的调整原理是以 K 点为圆心旋转 $K-F$ 线来消除张口，转子对中的步骤是先消除轴向（张口）偏差再消除径向（中心）偏差。

从图 3 中可知：$\triangle MBN \backsim \triangle KXP$ 以及 $\backsim \triangle KYS$

根据相似三角形原理可得

前支脚 PX 的调整量计算公式为

因为 $MB/BN = L_1/PX$　所示 $PX = BN \times L_1/MB$

后支脚 YS 的调整量计算公式为

因为 $MB/BN = L_2/YS$　所示 $YS = BN \times L_2/MB$

至此只是将 KF 线调整至 KC 线，消除了张口使端面达到平行，但与理想轴线尚存在一定的中心距偏差。因此，作综合调整处理还需要 ± 中心距偏差才能将转子调整至理想轴线，则前、后支脚调整量的计算公式演化为

前支脚　$PX = BN \times L_1/MB \pm (a_{3/2})$

后支脚　$YS = BN \times L_2/MB \pm (a_{3/2})$

例：

通过测量获得

张口量　$BN(e) = (-0.04) + (+0.10) = +0.14$（上张口）

测点间距　$MB \approx D = 300$，$L_1 = 900$，$L_2 = 1800$；中心距偏差 = $a_{3/2} = 0.05$

依据转子状态图及状态判断法则可知转子状态为上张口，若想消除轴向的张口必须将 $K-F$ 线以 K 点为圆心向上旋转至 KC 线后再加上中心距偏差（$a_{3/2}$）即可达到理想中心线位置，因此

前支脚 PX 的调整量为

$PX = BN \times L_1 / MB + (a_{3/2}) = 0.14 \times 900/300 + 0.05 = 0.42 + 0.05 = +0.47$

后支脚 YS 的调整量为

$YS = BN \times L_2 / MB + (a_{3/2}) = 0.14 \times 1800/300 + 0.05 = 0.84 + 0.05 = +0.89$

注意：①在计算时要带入正负号；②得数为正加垫子，得数为负减垫子。

调整方案：针对实例一，在前支脚需要加上 0.47mm、后支脚需要加上 0.89mm 的垫子即可将转子调整至理想状态。

（7）水平状态的调整方法　与垂直状态相同，不再累述。

3　优化

（1）计算公式的优化　在实际工作中繁杂冗长的公式不便于记忆，通过将三表对中原理深度解析将理论与实践融合在一起，使工作效率大为提高。

消除张口前支脚调整量：原式为：$MB/BN = L_1/PX$，$PX = BN \times L_1/MB$

从式中可知：

BN = 张口量，$MB \approx D \approx$ 联轴器直径，L_1/MB = 前支脚与联轴器直径的倍比

因此，通俗地讲——前支脚 ÷ 联轴器直径的倍数 × 张口量 = 消除张口需要在前支脚处进行调整的量。

消除张口后支脚调整量与上述原理类同即——后支脚 ÷ 联轴器直径的倍数 × 张口量 = 消除张口需要在后支脚处进行调整的量。

在调整量基础上加、减中心距偏差即是综合调整量。

（2）操作方法的优化　可提前测量出联轴器直径 MB、前支脚 L_1、后支脚 L_2 及分别计算出 L_1/MB、L_2/MB 的倍数（精确到小数点后两位即可），一旦获得打表数据（张口量和中心距偏差）就可以快速计算出前、后支脚的综合调整量（计算时要正确代入正、负号）。

注意：①将各支脚下部放置垫片处清理干净，各组垫片不要混放要一一对应各支脚；②新制作的垫片要将毛刺、翻边消除并擀轧平整；③把紧地脚螺栓时要对称分次把紧并用百分表监视，直至地脚螺栓把紧后百分表读数变化不大（变化控制在 0.05mm 以内），如果变化过大并无法调整说明地脚螺栓有软脚要予以消除。

（3）消除软脚的方法

1）将各地脚螺栓下面的底板清理干净并取出所有垫片（各支脚处垫片要定点放置不得混放）。

2）把紧各地脚螺栓。

3）架设百分表并松开表旁的一颗地脚螺栓，如果变化在 0.05mm 内即可忽略，否则就要在该地脚螺栓处加上相应的垫片，直至各地脚螺栓上紧后百分表变化均在 0.05mm 以内即可。

4）也可用塞尺检查底板悬空状况。

（4）微调　离心压缩机属于高速旋转机械，对中要求精度很高（有时偏差范围要求控制在 0.005mm 内）。而在实际工作中最薄的垫片规格只有 0.03mm。因此，对于小于 0.01mm 量的调整还需要掌握正确、科学的微调技术。仍然利用倍比关系，将微调量主要放置在后支脚处进行，因为后支脚属于远端其调整敏感度远低于近端前支脚。实践证明，利用微调技术可以方便的将对中数据调整到设计值。

该方法成功地运用在了河南省中原大化集团 30 万 t 合成氨装置天然气压缩机组的对中调整、50 万 t 甲醇装置二氧化碳压缩机组的对中调整及中原油田第三气体处理厂 3K1 机组的对中调整，均取得了理想的对中效果。

4　结束语

通过实践验证经过优化后的操作方法既提高了工作效率，又节约了生产成本。

精细化工行业设备管理模式探索

李朝阳
（121000　锦州钛业有限公司）

摘　要：化工企业具有自动化程度高、需连续作业，且高温高压、腐蚀性较为严重的特点，如何保证化工设备安全可靠、经济运行，是企业现代化水平的重要标志。在市场经济条件下，特别是在经济全球化大潮中，企业设备管理如何适应市场变化？如何恰当地对设备管理定位？本文通过综述国内外设备管理发展现状，结合国内实际情况，提出对自己的设备管理的思路。

关键词：设备管理模式　经济管理　技术管理

1　引言

随着市场经济的发展，企业面临着国际、国内更多的市场机遇，也面临更严峻的挑战。作为化工企业设备管理部门及部门负责人，应该明白自己和这个部门所肩负的责任。设备管理应该怎样紧紧围绕企业的使命、愿景、核心价值观和企业短期、中期、长期的经营战略规划及经济、社会效益，实现企业设备管理的规范化、程序化、现代化和科学化的管理，使设备管理适应不断变化的市场，为生产保驾护航，为企业增值做贡献。

（1）国际设备管理的历史进展

第一：事后维修阶段（Breakdown Maintenance，BM）

这个阶段由两个“时代”组成，即兼修时代和专修时代。兼修时代，设备的操作人员即维修人员；专修时代，操作工专门操作，维修工专门维修。

第二：预防维修阶段（Preventive Maintenance，PM）

1）计划预修制（前苏联）是预防性维修的一种，旨在通过计划对设备进行周期性的修理。其中包括按照不同设备和不同使用周期安排的大修、中修和小修。

2）预防维修制（美国）是一种通过周期性的检查、分析来制订维修计划的管理方法，也属于预防性维修体系，多被西方国家采用。

第三：生产维修阶段（Productive Maintenance，PM）

生产维修体制是以预防性维修为中心，兼顾生产和设备设计制造而采取的多样、综合的设备管理方法，以美国为代表的西方国家多采用此维修管理体制。生产维修由四个部分内容组成，即事后维修、预防维修、改善维修、维修预防。

第四：各种设备管理模式并行阶段

1）综合工程学的说法是20世纪70年代由英国丹尼斯。巴克思在一次国际会议上提出的。

2）全员生产维修（Total Production Maintenance，TPM），日本在美国生产维修的基础上，吸收了英国综合工程学和我国鞍钢宪法群众路线的思想，提出“全员生产维修”的概念。

3）设备综合管理，在20世纪80年代，我国以计划预修体制为基础，结合生产维修综合工程学、后勤工程和日本全员生产维修的精髓，提出对设备综合管理思想。

（2）我国的设备管理探索　近年来，我国经济面临很多的机会和挑战。设备已向集成化、大型化、连续化、高速化、精密化、自动化、流程化、综合化、计算机化、超小型化、技术密集化的方向发展，作为企业管理重要组成部分的设备管理领域，如何找到一个更加适合国内设备管理的道路，实现设备综合效率实绩大，大幅度提高设备产能，有效控制能耗及排放已成为一个重要议题，从而使和经济发展的需要。

（3）向三位一体设备管理模式的转变　面对设备的现代化，我公司现正推行以点检定修为中心的三位一体设备管理模式。即需要转变设备管理模式，主要从以下几个方面入手：①转变观念，形成价值最大化

为核心的先进设备管理理念，确保设备管理思想现代化；②改革体制，践行专业化分工协作的高效管理方式，确保设备管理组织现代化；③创新技术，使设备状态受控能力得以快速提升，确保设备管理技术现代化；④构建系统，制定标准，以设备管理模式制度化、规范化、信息化，确保设备管理手段现代化；⑤优化人才结构，确保设备管理人才现代化；⑥优化模型，关注效果，运用关键绩效指标衡量和提升设备管理水平。

设备管理的实施：①转变设备管理思路，实现设备的准确定位，根据企业生产的性质和自身要求对设备的重要程度进行准确定位，细化点检程序，严格实施点检。②改变设备维修思路，实现设备故障的准确定位。

根据不同寿命周期阶段的设备故障制订不同的故障判断策略，从而制订适合的维修策略，及时实施进行维修。

2 结束语

1）进一步深化公司现有的点检定修为主体的设备管理模式。

2）增加设备的自诊断能力和可维修性，要求设备具有更高的可靠性，甚至引入无维修设计。

3）利用售后服务及社会化维修力量，减轻企业设备维修的负担。

4）逐步实现“以点检定修制为核心，以预防维修为主线”的设备管理模式向“以状态受控为重点的、以预知状态维修为主线的设备管理模式转变延伸，达到以最低的成本投入取得最优的设备功能、精度、可靠性和效率”的转变目标。

5）一旦自诊断系统出现，自诊断系统的可靠性、准确性又可能成为企业所担忧的问题。有些企业甚至把过于敏感、经常造成误诊停机的自诊断系统拆掉，设备在线监测又回到人工诊断的原始阶段。加强人员技术培训，提高设备人员判断能力尤为重要。

参考文献

［1］ 杨耀双，刘碧云 . 设备管理［M］. 北京：机械工业出版社，2008.

［2］ 李葆文 . 设备管理新思维新模式［M］. 北京：机械工业出版社，2003.

［3］ 赵艳萍 . 设备管理与维修［M］. 北京：化学工业出版社，2010.

［4］ 沈永刚 . 现代设备管理［M］. 北京：机械工业出版社，2004.

［5］ 高福成 . TPM 全面生产维护推进实务［M］. 北京：机械工业出版社，2009.

［6］ 汪中求 . 精细化管理［M］. 北京：新华出版社，2005.

钢卷包装打捆机固定刀片失效分析与预防

赵　琦　于立祥

（117000　辽宁本钢第二冷轧厂）

摘　要： 自动打捆机代替了本钢冷轧钢卷传统的手工包装，但是，在包装捆带国产化后打捆机的固定刀片劣化的速度加快，寿命降低。对打捆机固定刀片的失效形式进行了总结，详细地分析了造成固定刀片失效的原因，并提出了预防的措施。

关键词： 钢卷包装　打捆机　固定刀片　失效分析　预防

1　引言

钢卷包装是钢卷储存和运输的重要保护措施。传统的钢卷包装为手工作业，包装质量差、生产效率低和工人劳动强度大。随着生产线的能力提高，低效率的手工包装根本不能满足生产要求。工业发达国家的钢铁企业都非常重视钢卷包装，已经开发出完整的钢卷包装工艺技术和装备，基本实现了钢卷包装的自动化。但在我国大量引进的冷轧生产线中由于很少有自动包装机械，所以我国多数企业带钢冷轧生产线的包装工艺仍停留在20世纪80年代左右的水平。近年来，我国钢铁企业开始认识到钢卷包装对确保安全贮运、提高生产效率、提升产品档次的重要性，越来越多的企业在新建冷轧生产线中将包装机组作为重要的辅助工艺设备一同建设，而且装备的自动化程度也有了显著提高。2005年本钢开始使用自动打捆机对冷轧钢卷进行包装，结束了以前完全手工的冷轧钢卷包装方式。在几年的时间里逐步完成了对打捆机包装材料和消耗备件的国产化的改进。国产的捆带降低了钢卷包装的费用，但是在使用国产捆带后打捆机故障开始增多，主要的消耗备件的寿命出现明显的降低。其中，全自动周向打捆机固定刀片的设计寿命6万次，在捆带国产化后实际使用的过程中寿命只有2.5万次（3个月）。如何分析固定刀片的失效和劣化的过程，找到预防固定刀片劣化的具体措施，是设备维护和管理人员面临的难题。

2　自动打捆机简介

冷轧钢卷全自动周向打捆机是钢卷包装线上的重要设备，其性能优劣直接影响到钢卷的包装质量。冷轧钢卷自动打捆机主要包括周向打捆机和径向打捆机两种。主要由小机头与送带机构、导带机构、送带小活套、带盘、支架、捆带导盘、电控系统、气动系统等组成，具有机构设计精巧，结构紧凑，拉紧力大，打捆速度快，捆扎结实等特点。与传统的人工包装相比，全自动打捆机具有打捆紧度高，打捆速度快，捆包质量高的突出优点。

3　固定刀片的失效形式

固定刀片是打捆机最主要的消耗备件（图1），它由两个M10内六角头螺栓固定在小机头上，在打捆机的使用中与活动刀片共同完成对捆带的剪切，并在捆带的包装的过程中起到引导和限位的作用。在捆带国产化以后原进口固定刀片无法完全满足工况需求，劣化速度很快，使用周期短、寿命低。对固定刀片的国产化改造进行了三次，在对材质和热处理进行多次改进后2010年完成。

（1）后刀面点蚀　后刀面点蚀是固定刀片的最主要失效形式。造成后刀面点蚀的主要原因（图2）：打捆机在每次穿带的过程中捆带的头部对后刀面造成冲击，后刀面表面金属在冲击载荷的作用下产生微小的塑性变形，逐步形成金属隆起，隆起的趾部在载荷的作用下产生一次裂纹并以一定的角度向内部扩展。裂纹的开口处尺寸较宽，向内延伸变细，初生的裂纹（一次裂纹）萌生于表面并沿着10°～30°向内扩展。当扩展到一定深度时，会出现拐点，在拐点裂纹发生折向，形成次生裂纹（二次裂纹），并以一定的角度向表面扩展。当二次裂纹到达表面后，两条裂纹上部的金属发生脱落，形成V形的点蚀坑，这种点蚀就是初期点蚀（图3）。在应力反复作用下，坑底某些应力集中处又会产生新的裂纹（扩展性点蚀裂纹），此新

生裂纹继续向内部深处扩展，并重复上述发展的过程，从而使点蚀坑进一步扩大形成扩展性点蚀（图4）。

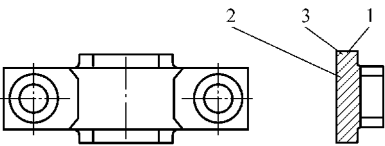


图1　固定刀片

1—前刀面　2—后刀面　3—切削刃

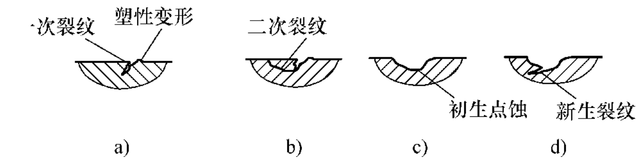


图2　点蚀产生的过程

a）一次裂纹　b）二次裂纹　c）点蚀坑　d）扩展点蚀裂纹（新生裂纹）

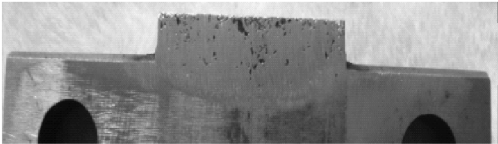


图3　初期点蚀

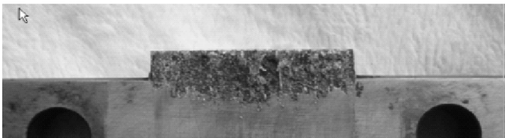


图4　扩展性点蚀

点蚀产生和扩展的速度很快，后刀面初期点蚀在新刀片上机后3个工作日就可以出现，1个月劣化成扩展性点蚀。发展到最后时点蚀坑的形貌将难以辨认，后刀面金属层将出现鱼鳞状的片状脱落，造成切削刃钝化剪切质量下降。当劣化磨损严重时，固定刀片强度无法承受剪切载荷，而发生剪刃崩刃和刀片断裂。

（2）固定刀片表面胶合　固定刀片表面胶合（图5）在前、后刀面都会发生，主要发生在后刀面。胶合的原因是捆带在穿带的过程中与导带壁及护板之间直接接触，捆带头部经摩擦产生很高的热量。在穿带和剪切的过程中捆带和固定刀片的接触面积很小（线接触和点接触），在高速的相对运动瞬间的温度过高下产生的高温粘焊从而引起胶合。胶合处形成形状不规则突起，这些胶合的突起在穿带的过程中不断形成和脱落，造成固定刀片表面的材料流失。

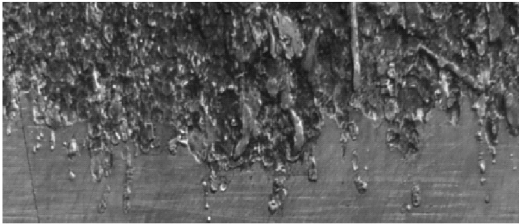


图5　固定刀片表面胶合

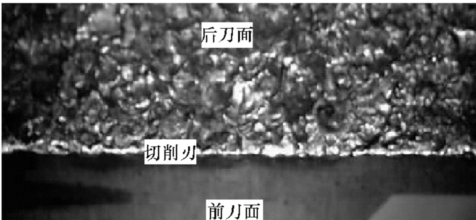


图6　固定刀片的磨损（25倍放大）

（3）固定刀片磨损　固定刀片的磨损（图6）在前刀面，后刀面和切削刃同时发生发展，后刀面的磨损最为严重，磨损的速度也最快。导致固定刀片磨损的主要原因是捆带与刀片存在高速相对运动，在穿带过程中图2b和图2c所示位置的挤刮作用严重。固定刀片后刀面表面粗糙度越大、捆带剪切质量越差时，磨损的速度也越快。切削刃的磨损是造成剪切质量下降的主要原因。

（4）固定刀片断裂　固定刀片的断裂（图7）是最终导致刀片报废和事故停机的直接原因，固定刀片通常在使用3个月后发生断裂。

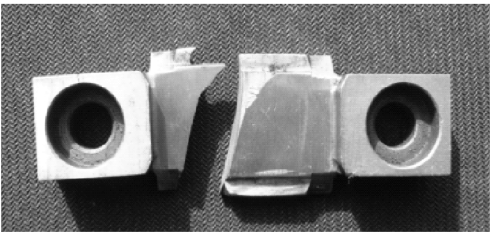


图7　断裂的固定刀片

4 固定刀片失效的分析

（1）固定刀片的失效分析　周向打捆机捆带穿带的过程（图8）；捆带由 a 点以穿带速度 v 以与固定刀片后刀面夹角为 α 开始穿带，当捆带运行到 b 点开始与固定刀片接触，在 b 点捆带与带钢的接触理论上为线接触，接触面积很小，在 b 点固定刀片受到很大的冲击载荷 F。捆带由 b 点运行到 c 点的穿带过程中带钢与固定刀片挤刮现象严重。当捆带通过 c 点后，捆带与固定刀片的接触为面接触这时固定刀片处于面接触滑动摩擦状态，所受的载荷为正压力 N。固定刀片穿带过程中 b 与 c 点之间的部位受到的冲击载荷很大且挤刮严重，是固定刀片主要的失效原因。另外，国产化的捆带硬度较高，并且剪切后变形和硬化严重，自动打捆机原来使用的进口机捆带的硬度为 220HB，现使用涂漆捆带的表面硬度是 300HB。剪切变形后的捆带在穿带的过程中与固定刀片的实际接触面积很小，在捆带与固定刀片接触的瞬间产生的冲击载荷非常大，这也是造成固定刀片异常失效的因素。

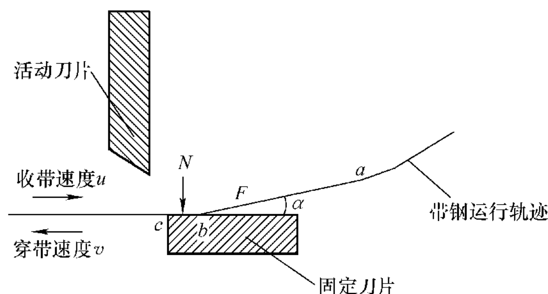


图 8　固定刀片受力分析图

（2）固定刀片的失效对打捆机的工作影响　固定刀片出现劣化后刀片的表面质量下降会刮伤捆带的涂漆层，影响包装的质量；前、后刀面的磨损造成切削角度的变化和剪刃的间隙变大导致剪切处捆带变形，引发穿带故障；前刀面与后刀面的点蚀与磨损也造成刀刃强度的降低，导致崩刃和固定刀片断裂，直接造成周向打捆机事故停机。

5 固定刀片失效的预防措施

（1）降低穿带速度　根据冲击力计算公式 $F=2mv/t\ \cos\alpha$（v—速度，F—均匀冲击力，t—接触时间，m—质量，α—冲击夹角）在质量 m 不变、穿带角度 α 不变的情况下穿带降低速度 v 的同时捆带与刀片的接触时间 t 也相应会变大。因此，在满足生产需求的条件下适当降低穿带的速度可以降低捆带对刀片的冲击力。

（2）降低捆带的硬度　在国产化的固定刀片还不能满足工况要求，在进口的备件无法更改技术参数的条件下，通过合理的降低捆带的硬度来达到防止固定刀片失效和劣化。由于剪切后的加工硬化剪切端面硬度更大。如果将国产化的捆带硬度适当地降低捆带穿带过程中对固定刀片挤刮作用也会随着减小，固定刀片的失效和劣化的速度会明显降低，寿命会大大的增加。

（3）提高固定刀片表面质量　合理的利用检修和停机的时间对发生点蚀、表面胶合的固定刀片进行修磨，提高刀片硬度和的表面质量，是降低固定刀片失效的有效手段；同时对刀片的修磨也修正了因磨损而改变的切削角度，提高了固定刀片的刃口锋利程度，相应提高剪切的质量。捆带的剪切断面齐整穿带时对刀片的接触面积的增加也有利于降低固定刀片的失效和劣化的速度。

（4）及时调整剪刃间隙提高剪切质量　固定刀片磨损后，不但切削角度发生变化而且剪刃间隙也变大。用在固定刀片的背面增设垫片的方法调整剪刃间隙来提高剪切质量也间接地降低固定刀片失效和劣化的速度。

6 结束语

1）固定刀片失效造成刀片寿命降低，也间接影响了钢卷包装的质量。

2）通过降低穿带速度和捆带的硬度，及时修磨刀片的磨损失效表面，调整剪刃间隙等方法，可以延缓固定刀片的失效和劣化的速度，以及延长其使用寿命。

正确使用离心泵　保障供水站的稳定运行

杨国彬

（062552　供水供电服务中心运行工区）

摘　要：离心泵是供水站生产中普遍使用的重要设备。由于离心泵必须高速运行，每分钟达两千转以上，如保养使用不当极易发生过早损坏的现象。这势必会增加了成本损失，以及由于故障停机造成的供水不稳定的风险。就此问题对离心泵的使用及维护保养进行了论述。

关键词：离心泵　使用　维护保养

1　离心泵的选型和安装是离心泵正常运转的重要前提

（1）离心泵的基本介绍及选型　离心泵常采用电动机带动。起动前要先灌满水，开动后，叶轮旋转，产生离心力。液体在离心力的作用下，从叶轮中心被抛向叶轮外周，以很高的速度流入泵壳。在壳内减速，经过能量转换，达到较高的压力，并从泵出口排出。离心泵的基本部件是叶轮和泵壳、导轮和轴封。离心泵的分类很多，它是依据不同的结构特点而划分的。按工作叶轮数目分为单级泵和多级泵，按叶轮进水方式分为单侧进水式泵和双侧进水式泵，按泵轴位置分为卧式泵和立式泵。

离心泵在选型前，首先要详细了解供水所需的输送压力、流量、扬程、负荷变动范围等。综合多方面的因素，对照离心泵的特性曲线，从而选出最切合生产实际使用的离心泵。其次，离心泵的生产厂家较多，有些离心泵的结构尺寸不够规范，配合间隙不是最佳值，会因装配误差导致元件的损坏（包括叶轮、紧固件、轴承和机械密封）。尽量选择知名大厂的产品。

（2）离心泵的安装　首先，在施工中应严格按照离心泵的施工安装规范进行，并要有一套完善的质量监督制度及验收制度。安装完毕后要进行试运转，经试运转周期考核各项性能指标均符合要求的泵，才能交付生产。其次，离心泵内部元件的装配精度必须按照标准进行，包括叶轮、密封、轴承等；在运输过程中，难免会造成离心泵内部元件松动。因此，在离心泵安装到基础上后，要找平找正。离心泵的出、入口连接好管道后，会产生应力，造成原对中找正发生偏差，要重新对中。有研究表明，轴分离程度同轴度每25.5mm 直线度小于 0.005mm 时，旋转机器的寿命在 100 个月左右；当每 25.5mm 直线度为 0.0076mm 时，其寿命缩短为 10 个月；每 25.5mm 直线度为 1.27mm 时，其寿命为 2 个月。

2　正确的使用及周期性检查是延长离心泵使用寿命的根本途径

（1）正确的开停工程序

1）起动操作步骤：①开泵前应先打开泵的进水阀门，检查泵体内是否已充满水；②在确认泵体内已充满水后，才能起动离心泵；③慢慢打开泵的出水阀门，通过流量及压力指示，将阀门调节至需要开度。

2）停泵操作步骤：①慢慢关闭泵出水阀门；②按动电动机停止按钮，停止电动机运转；③关闭泵进水阀门。

（2）根据实际用水需求，准确选择离心泵　根据不同时段的用水量，准确地选择流量、扬程合适的离心泵，这样才能确保离心泵在使用过程中处于最佳的性能状态。若离心泵在低流量状态下运转，在离心泵内会造成环流漩涡，并产生径向力，使叶轮处于不平衡状态，轴承负载加大，引起密封和轴承受损，严重的低流量还能使叶轮和泵壳受损，并增加泵轴的偏斜，甚至有可能使泵轴发生疲劳断裂。

（3）离心泵的周期性检查　离心泵的周期性检查一般可分为以下三种：①日常检查。即使用中的检查，包括：检查各种仪表是否工作正常、稳定，电流不应超过额定值；压力表指针应在设计范围；检查水泵出水量是否正常，检查机组各部分是否漏水；检查填料压紧程度，通常情况下填料处宜有少量的泄漏（每分钟不超过 10～20 滴），机械密封的泄漏量不宜大于 10mL/h（每分钟约 3 滴）；滚动轴承温度不应高于 75℃；滑动轴承温度不应高于 70℃；有无异响、异常振动，出水量减少情况。②月检查。在不拆卸零部

件的情况下对设备外表进行清洗和小修，包括对轴承温度、轴封泄漏原因及电机绝缘情况等方面的检查。③定期检修。包括更换轴封润滑油，检查泵和电动机对中情况，检查轴套磨损情况，检查联轴器橡胶圈损坏情况，清洗机械密封、冷却液过滤器及泵过滤器，检查滑动部件磨损情况，检查接触液体的各部件损伤腐蚀情况等。

3　建立健全维护保养制度是离心泵长周期运行的保证

离心泵在运行一段周期后要进行必要的维护保养，健全的维护保养制度确保了离心泵的长周期平稳运行，杜绝了一切不应发生的事故。任丘矿区供水供电服务中心所属水站离心泵的维护保养主要内容有以下几点：①检查更换填料密封的填料，并调节至合适的松紧度，采用机械密封的及时更换动环；②每年春检对泵壳及叶轮进行解体、清洗、重新组装，调整好叶轮与泵壳间隙，叶轮有损坏及腐蚀情况的应分析原因并及时修补更换；③清洗轴封、轴套系统，更换润滑油，以保持良好的润滑状态；④检查泵的进出水阀门，阀体是否磨损，如有问题应及时更换阀门；⑤检查配套电动机；⑥检查现场仪表，并检查其指示是否正确、灵活好用，对失灵的仪表进行更换；⑦长期停运离心泵起动前应进行盘车。

4　日常离心泵运行中要加强机泵的润滑及易损件的维护

（1）离心泵的润滑良好是保证其正常运转的关键　离心泵的轴承采用滚动轴承，而滚动轴承的元件之间并非都是纯滚动的。由于在外负荷作用下零件产生弹性变形，除个别点外，接触面上均有相对滑动。滚动轴承各元件接触面积小，单位面积压力往往很大，如果润滑不良，元件很容易胶合，或因摩擦升温过高，引起滚动体回火，使轴承失效，所以轴承时刻都要处于油膜的涂覆之中。轴承润滑通常用油槽或油雾进行润滑，为了保证滚动体和滚道接触面间形成一定厚度的油膜，采用中粘度的涡轮油（国际标准化组织 68 级）较适宜。除温度外，水和污染物也是影响润滑油质量下降的重要因素。有研究表明，在纯净的矿物油中只要含水分 10% ~20%，轴承座圈和滚动元件疲劳寿命就会缩短 48%。金属屑对润滑剂的污染也可以造成其性能下降。所以要经常检查润滑剂的质量和油位，以确保润滑效果。新泵投用一次后应换油，大修时更换了轴承的离心泵也必须换油。以后每季度更换一次，所用的润滑油一定要符合质量要求。

（2）及时更换易损件　填料、密封圈、机械密封等均为易损件。特别是机械密封，造价较高，但是其使用寿命直接关系到离心泵故障平均间隔时间的长短。随着水力负荷不断变化，轴偏转、拆装修理等都是导致机械密封寿命缩短的重要因素，应尽量减少不稳定运行。

机械密封在实际检修工作中，常常容易存在一些误区，主要是对机械密封的一些附属零部件的密封作用原理的理解上出现偏差。下面就这方面的问题作一些简单的说明。

1）弹簧压缩量越大密封效果越好　弹簧压缩量过大，会导致密封摩擦加剧，极易造成其损坏。甚至过度的压缩使弹簧产生永久塑性变形，失去调节动环端面的能力，从而使密封失效。

2）动环密封圈越紧越好　动环密封圈过紧有害无益。一是加剧密封圈与轴套间的磨损，引起过早泄漏；二是增大了动环轴向调整、移动的阻力，在工况变化频繁时无法适时进行调整；三是弹簧过度疲劳易损坏；四是使动环密封圈变形，影响密封效果。

3）静环密封圈越紧越好　静环密封圈基本处于静止状态，相对较紧密封效果会好些，但过紧也是有害的。一是引起静环过度变形，影响密封效果；二是静环材质以石墨居多，一般比较脆，过度受力极易引起碎裂；三是安装、拆卸困难，极易损坏静环。静环的安装形式的选择要充分考虑在相应的工况下的浮动能力，安装后能自动追随动环面与之贴合，如果静环密封圈过紧，使静环安装后不能浮动，就会产生偏磨，过早的失效。

4）叶轮锁紧螺母越紧越好　机械密封泄漏中，轴套与轴之间的泄漏（轴间泄漏）是比较常见的。一般认为，轴间泄漏就是叶轮锁紧螺母没锁紧。其实导致轴间泄漏的因素较多，如轴间垫圈失效、偏移，轴间内有杂质，轴与轴套配合处有较大的形位误差，接触面被破坏，轴上各部件间有间隙，轴头螺纹过长等，都会导致轴间泄漏。锁紧螺母锁紧过度只会导致轴间垫圈过早失效。适度拧紧锁紧螺母，可以使轴间垫始终保持一定的压缩弹性，在运转中锁紧螺母会自动适时锁紧，使轴间始终处于良好的密封状态。

5）新的比旧的好　相对而言，使用新机械密封的效果好于旧的，但如果新机械密封的质量或材质选

择不当时，或配合尺寸误差较大时，就会影响密封效果。在聚合性和渗透性介质中，静环如果没有出现过度磨损，还是不更换为好。因为静环在静环座中长时间处于静止状态，使杂质沉积为一体，起到了较好的密封作用。在很多情况下，机械密封都是没有问题的，只要作适当的调整和处理，机械密封是可以继续使用的。这样，既可以节约成本，又可以减少工作量，并可以保证密封效果，是一举多得的事情。

6）拆修总比不拆好　一旦机械密封出现泄漏便急于拆修，这种做法是不完全对的，应该根据具体情况具体分析。有时候机械密封并没有损坏，只需调整工况或适当调整密封就可消除泄漏。这样既避免零部件的浪费又可以避免维修人员的无用劳动。在检修时，应该根据实际情况作出正确的判断，从而采取有针对性的检修。

参 考 文 献

［1］ 陈乃祥，吴玉林．离心泵［M］. 北京：机械工业出版社，2003.
［2］ 施卫东，袁寿其，李世英，等．泵行业存在的主要问题及急需解决的关键技术［J］．排灌机械，2001（06）．
［3］ 尹成红．离心泵的故障诊断方法及故障评定［D］．大庆：大庆石油学院，2005.
［4］ 唐华栋．液化气泵机械密封故障分析及措施［J］．中国设备工程，2010.（02）．

浅议离心泵的机械密封与填料密封

马志刚

（062552　供水供电服务中心运行工区）

摘　要： 任丘矿区供水站所属离心泵，2006 年以前其轴端密封形式均为填料密封。经过多年的运行，出现诸多弊端，轴套的磨损现象日益严重，压盖处的泄漏现象也越来越明显。增加了机泵的泄漏，造成能耗上升、机组运行振动增大等隐患。2006 年，为提高泵效，降低员工劳动强度，冀中水厂对其中的部分水站进行水泵更新换代，提高了生产效率，节约了能源，确保了设备运行安全可靠性。

关键词： 离心泵　填料密封　机械密封

1　引言

离心泵是目前华北油田任丘矿区供水站最常用的设备，它具有操作灵活、连续性强、工作效率高等特点。离心泵在供水过程中，通过电动机、联轴器使其叶轮高速旋转，在叶片之间的液体受到叶片的推动，在离心力的作用下，不断地从中心被甩向四周。当泵内液体从叶轮中心被抛向边缘时，中心处形成了低压区。由于进泵前的液体压强大于泵吸入口处的压强，在压强差的作用下，液体便经吸水管连续地吸入泵内，以补充被排出液体的位置。只要叶轮不停地旋转，液体便不断地吸入和排出。离心泵的密封是在轴和壳体之间用弹、塑性材料或具有弹性结构的元件堵塞泄漏通道的密封装置，可分填料（盘根）密封和机械密封。和填料密封相比，机械密封主要有以下几个优点：①基本上不漏或泄漏量小，具有良好的密封效果。据统计，填料密封的泄漏量为机械密封的 100 倍。②摩擦系数小，因此功率消耗也小，机械密封的摩擦功率只有填料密封的摩擦功率的 10% ~50%。③在正常情况下，机械密封材质好，不易损坏，从而使维修工作量减少，同时消除了填料密封对轴套的磨损。机械密封的缺点是：①结构较复杂，制造和维修都比较麻烦。②造价较高，不十分经济。

（1）填料密封简介　填料密封由填料套、水封环、软填料、填料压盖、压紧螺栓组成，它利用压盖来压紧填料，使填料套与填料腔之间保持较小的间隙以达到密封效果。填料密封存在以下缺点：①正常工作时必然会泄漏，一般规定以控制在 1 ~2 滴/s 的泄漏量为宜。填料压得太紧，泄漏会减少，但摩擦增加，电动机功率损耗加大，伴随而来的是填料箱发热，严重时会冒烟，甚至会烧毁电动机。②填料压得太松，泄漏量大，泵效随之降低；填料套磨损快，需经常更换填料和轴套。③频繁维护，供水值班人员工作量大，经济效益降低。

（2）填料密封的检修方法

1）清洗离心泵填料箱，并检查轴表面是否有划痕、毛刺等。填料箱应清洗干净，轴表面应光滑。

2）检查轴跳动，转子跳动的不平衡量应在允许范围内，以免振动过大，对填料不利。

3）在填料箱内和轴表面涂密封剂或涂与介质相适应的润滑剂。

4）对成卷包装的填料，用时先取根与轴颈尺寸相同的木棒，将填料缠绕其上，再用刀切断，刀口最好呈 45°斜面。

5）填料要逐根装填，不得一次装填几根。方法是取一根填料，涂以润滑剂，双手各持填料接口的一端，沿轴向拉开，使之呈螺旋形，再从切口外套入轴颈。不得沿径向拉开，以免接口不齐。

6）取一只与填料箱同尺寸材质或较轴硬度低些的金属轴套，把填料推入箱的深部，并用压盖对轴套施加一定的压力，使填料得到预压缩。预压缩量为 5% ~10%，最大到 20%。再将轴转动一周，取出轴套。

7）以同样的方法，装填第二根、第三根。注意，当填料数为 4 ~8 根时，装填时应使接口相互错开 90°；2 根填料错开 180°；3 ~6 根错开 120°，以防通过接口渗漏。

8）最后一根填料装填完毕后，应用压盖压紧，但压紧力不宜过大。同时用手转动轴，使装配压紧力趋于抛物线分布。然后略放松一下压盖。

9）进行运转试验，若不能密封，再压紧一些填料；若发热过大，将它放松一些。如此调到只呈滴状泄漏和发热不大时为止（填料部位的温度只能比环境温度高 30 ~40℃），才可以正式投入使用。

（3）离心泵填料密封组装时技术要求

1）检查轴在密封部件处的径向跳动量，轴的允许径向跳动量在 0. 03 ~0. 08mm 范围内。

2）液封环与轴套的直径间隙一般为 1. 00 ~ 1. 50mm，液封环与填料箱的直径间隙一般为 0. 15 ~0. 20mm。

3）填料压盖与轴套的直径间隙一般为 0. 75 ~1. 00mm，四周间隙应均匀。

4）填料压盖与填料箱的直径间隙一般为 0. 10 ~0. 30mm。

5）有填料底环时，底环与轴套的直径间隙一般为 0. 70 ~1. 00mm。

6）填料压紧后，液封环进液孔应与液封管对准，或液封环稍偏向外侧。

7）对于成卷包装的填料，用时先取一根与轴同尺寸的木棒，将填料缠绕其上，再用刀切断，切口最好呈 45°斜面。

2 机械密封

（1）机械密封简介　机械密封是一种旋转轴用的接触式动密封，它是在流体介质和弹性元件的作用下，两个垂直于轴心线的密封端面紧贴着相对旋转，从而达到密封的要求。机械密封是转动机械本体密封最有效的方式之一，机械密封是把转动轴的密封面从轴向改为径向，通过动环和静环两个端面的相互贴合并做相对运动达到密封的装置，机械密封的泄漏量很小，几乎可以达到滴水不漏，密封性能可靠，使用寿命长，所以目前在石油、化工、供水等行业上应用非常广泛。因其本身加工的精度比较高，尤其是动、静环，在实际应用中发现如果离心泵机械密封拆装方法不合适或使用不当，装配后的机械密封不但达不到密封的目的，而且会损坏集结的密封元件。

（2）机械密封拆卸时注意事项

1）在拆卸机械密封时，严禁动用锤子和扁铲，以免损害密封元件。

2）如果在泵两端都有机械密封时，则在拆卸过程中必须小心谨慎，防止顾此失彼。

3）对工作过的机械密封，如果压盖松动时密封面发生移动的情况，则应更换动静环零件，不应重新上紧继续使用。因为在松动后，摩擦副原来运转轨迹会发生改变，接触面的密封性就很容易遭到破坏。

4）如密封元件被污垢或凝聚物黏结，应清除凝结物后再进行机械密封的拆卸。

（3）机械密封安装时注意事项

1）安装前要认真检查集结密封零件数量是否足够，各元件是否有损坏，特别是动、静环有无碰伤、裂纹和变形等缺陷。如果有问题，需进行修复或更换新备件。

2）检查轴套或压盖的倒角是否恰当，如不符合要求则必须进行修整。

3）机械密封各元件及其有关的装配接触面，在安装前必须用丙酮或无水酒精清洗干净。安装过程中应保持清洁，特别是动、静环及辅助密封元件应无杂质、灰尘。动、静环表面涂上一层清洁的机油或涡轮机油。

4）上紧压盖应在联轴器找正后进行。螺栓应均匀上紧，防止压盖断面偏斜，用塞尺或专用工具检查各点，其误差不大于 0. 05mm。

5）检查压盖与轴或轴套外径的配合间隙（及同心度），必须保证四周均匀，用塞尺检查各点公差不大于 0. 10mm。

6）弹簧压缩量要按规定进行，不允许有过大或过小的现象，要求误差 ±2. 00mm，过大会增加断面比压，加速断面磨损。过小会造成比压不足而不能起到密封作用，弹簧装上后在弹簧座内要移动灵活。用单弹簧时要注意弹簧的旋向，弹簧的旋向应与轴的转动方向相反。

7）动环安装后须保持灵活移动，将动环压向弹簧后应能自动弹回来。

8）先将静环密封圈套在静环背部后，再装入密封端盖内。注意保护静环断面，保证静环断面与端盖中心线的垂直度，且将静环背部的防转槽对准防转销，但勿使其中互相接触。

9）安装过程中决不允许用工具直接敲打密封元件，需要敲打时，必须使用专用工具进行敲打，以防

密封元件的损坏。

10）组装时所有密封圈应该涂以肥皂水等润滑剂，这样可以避免组装过程中损坏胶圈。动静环的密封面之间涂以润滑脂，防止动静环密封面在水泵开车前磨损。

11）浮动环组装时，一定要小心不要碰倒浮动环弹簧，以免弹簧碰倒后影响浮动环的浮动性能。浮动环组装后，可以轻轻按浮动环，以确定是否就有良好的浮动性能。

12）安装密封时应轻拿轻放，防止损坏密封件，安装时应将密封及腔体擦洗干净。

13）紧固机械密封压盖时紧固螺栓应均匀受力，防止受力不均损坏机械密封。

在机械密封检修过程中，总结出以下经验：

机械密封要组装，清扫检查莫忘记。先看两环后看轴，伤痕裂纹不要漏。

最后在把胶圈看，气孔直径要看清。各种尺寸需测量，两环间隙要调好。

紧力一定要校核，小小弹簧是关键。螺栓受力要均匀，轻拿轻放好习惯。

参 考 文 献

［1］ 陈乃祥，吴玉林．离心泵［M］．北京：机械工业出版社，2003.

［2］ 唐华栋．液化气泵机械密封故障分析及措施［J］．中国设备工程．2010（02）．

［3］ 关醒凡．我国泵技术的发展与展望［J］．通用机械，2005（09）．

［4］ 李龙，陈黎明．泵优化设计国内现状及发展趋势［J］水泵技术，2003（02）．

以机旁备件管理为中心的物资管理系统

段立迎

（067002　河北钢铁集团承钢公司能源管控中心）

摘　要：建立以机旁备件管理为中心的物资管理系统，建立出库物资管理的整体框架和功能模块。通过管理系统对出库物资进行管理，已达到优化库存、修旧利废、降低维修费用的目的。

关键词：机旁备件　降低费用　管理系统

1　引言

根据设备管理部要求能源管控中心将备件库存从2400万件降到1400万件，必将造成大量的物资出库。另外，中心要求将各车间出库物资进行管理，根据这种情况，提出对出库物资进行信息化管理。

2　系统设计目标

保证能源管控中心生产及设备所用材料及备件的正常供应，满足生产和设备运行的需要，防止物资积压与流失，利用物资管理系统对能源管控中心所属各车间、中心、机关的物资出、入库及机旁备件进行系统管理。

1）入库管理。由计划员对配送的物资进行录入，能源管控中心所属各车间、中心、机关材料员负责对本单位的配送的物资的存放地点、货位、入库说明进行录入。

2）出库管理。材料员根据本单位物资领用情况在系统内进行出库登记，并作记录。

3）机旁备件管理。各车间作业长负责机旁物资（备件、二类机电）的使用、保管与修复后备件登记入库的管理与记录。

3　系统总体框架和功能分析

（1）以网络中的一台计算机作为服务器　在此计算机中安装IIS、NET FRAMEWORK、SQL SERVER，在此基础上用ASP. NET、C#、HTML及CSS语言编制服务器/客户端模式的系统程序，以网站形式发布到作为服务器的计算机上，供网络的其他计算机通过浏览器登录后实现用户所授权的功能。

通过6个月的使用达到能源管控中心各车间库存物资、机旁物资信息共享，在能源管控中心应用效果明显。

（2）系统功能　打开浏览器，在地址栏输入http：//192. 168. 38. 26/jpbj系统所在的地址，回车，就可以显示http：//192. 168. 38. 26/jpbj服务器地址栏，如图1所示。



图　1

1）系统登录。每个用户以自己的用户名和密码登录。登录后，屏幕显示系统的主界面。注意：用户和密码对大小写敏感。

系统的通用用户名是 – 能源管控中心，密码是 password，为安全起见，此用户名和密码不允许修改。一般用户的默认密码是 password。为安全起见，每个用户在首次登录后，应到系统管理模块修改本用户的密码。用户名称或密码错误，都不能进入本系统。

系统主界面被设计分划为三个个区域：功能菜单区、公共信息区域、技术资料区域。同时还有个人事务管理等独立功能。

① 功能菜单区：以菜单方式选择功能的区域。

② 公共信息区：计划员发布一些通知、工作内容等。

③ 技术资料区：对于一些备件、二类机电件的说明资料等。

④ 急用物资信息区：可以在此查看及发布所属单位所急用的物资信息。

2）功能菜单区域。

① 功能菜单的内容：功能菜单是该用户可以在本系统内进行操作的全部的功能的菜单表现方式。由于每个用户可以操作的功能受到授权的限制，所以，每个人所见到的菜单的内容可能是不同的。用户只能看到他/她被授权的功能，其他功能是看不见的。

② 菜单的结构：本系统的菜单共分 2 层，分别称为一级菜单及二级菜单。一级菜单：根据物资管理系统的业务总体而设计的子系统名称，包括物资编码管理、物资计划管理、物资入库管理、物资出库管理、物资库存管理、个人事务管理、返回首页。二级菜单：根据子系统进一步分解成的一组业务功能集名称。

③ 菜单的操作：在光标指向二级菜单并形态变为手形时，单 < 双 > 击二级菜单则在功能菜单区域显示上级菜单的名称。

3）公共信息区域。计划员发布一些通知及近期的工作要求等公共信息。

4）技术资料区域。上传一些通用备件的对照表、设备台账等技术资料。

4 常用操作按钮的意义与使用

（1）物资编码管理

1）增加物资编码。在数据库里新增加一条物资明细。

2）查询物资编码。需要时查询数据库里的物资编码。

3）修改物资编码。当数据库编码有误，或物资描述需要更改时进行修改。

（2）物资入库管理

1）物资入库管理。保管员进行物资入库登记。

2）查询物资入库。查询物资入库，可通过物资编码、物资描述、入库时间、入库车间等进行查询。

3）修改物资入库。对于操作失误的入库进行更改。

4）导入物资入库。计划员对从配送系统配出的物资导入能源管控物资系统。

5）机旁备件入库。维修作业长对修复后的机旁备件进行入库登记。

（3）物资出库管理

1）增加物资出库。保管员对库存物资进行出库登记，包括领用人、领用说明、领用单位。

2）查询物资出库。对各车间出库物资进行查询，可通过物资编码、物资描述、出库时间、出库车间等进行查询。

3）物资出库确认。物资领用单位责任人对领用物资进行核实确认，并确认实际使用数量，多余备件进入机旁备件库。

4）增加机旁备件出库。机旁备件责任人对机旁备件消耗进行确认。

（4）物资库存管理

1）调整物资货位。保管员对需要调整货位的物资进行货位调整。

2）查询物资库存。可通过物资编码、物资描述、入库时间、存放车间、物资类别对库存物资进行查询。

3）查询机旁物资。通过物资编码、物资描述对机旁物资进行查询。

4）增加物资调拨。计划员对各车间需要调剂使用的物资进行调拨。

（5）个人事务管理

1）修改登录密码。各位用户登录后修改密码。

2）个人日记管理。各位用户登记自己每天的工作日记。

（6）急用信息的管理

1）在登录后的主页面区域单 < 双 > 击发布急用物资信息按钮进入发布界面，在填写好急用物资描述后单 < 双 > 击增加按钮即可成功发布，增加完成后文本框自动清空，可以继续添加下一记录或单 < 双 > 击返回按钮回到查询急用物资信息界面。

2）在本人或所属单位的急用物资到货后请及时删除已发布的急用信息，以保证系统信息的有效性（所有用户只能删除本用户所发布的信息，其他用户的无权删除）。

5　物资管理系统角色说明

（1）物资管理系统角色——计划员

岗位职责：①负责将各车间从物资配送系统配出的物资导入物资管理系统；②负责对车间调剂使用的物资进行调拨；③负责督促各用户按时完成物资的消耗保证账物相符。

（2）物资管理系统角色——车间保管员

岗位职责：①负责将本车间物资入库后存放地点、入库说明填写清楚；②负责将本车间物资出库后的确认（材料），领用说明填写清楚；③负责本车间的物资管理保证账物相符。

（3）物资管理系统角色——作业长

岗位职责：①负责本作业区领用物资（备件及二类机电）的确认；②负责机旁备件的管理，包括备件消耗的出库、修复备件的入库。

6　关键技术及创新点

（1）关键技术

1）NET 技术，包括 ASP. NET、ADO. NET。

2）C#编程语言。

3）HTML 及 CSS 编程技术。

4）IIS 及 SQL SERVER 数据库技术。

（2）创新点

1）改变了以前物资以领代耗的局面，加强了对承钢配货物资到现场的后继管理、查询、使用跟踪等功能，能够方便地以图表或明细的方式查询现场物资库存和实际物资领用情况。以此依据来控制成本及物资计划等。

2）以服务器/客户端的网站形式供用户登录，客户端只要通过浏览器登录即可实现所需功能而无须安装任何插件等程序。

3）系统的高可扩展性，由于系统的每个功能都是由独立的页面程序构成，对各个功能的修改及新功能的增加等均不会对其他功能造成影响。

4）系统的高安全性，用户对系统数据的修改中有经过登录、功能及数据改动三项授权全部通过时才能实现，保证了系统数据的安全性，防止非授权用户对数据的篡改。

7　技术水平及推广应用情况

能源管控中心物资管理系统的设计实施，填补了承钢公司对于二级分厂库房与机旁备件管理信息化的空白，使能源管控中心各分厂物资管理达到信息化、痕迹化、标准化。

加强二级分厂库存及机旁备件的管理，保证了物资计划的准确性，并对优化库存结构、降低库存金额提供了数据基础。

8　运行报告

（1）运行情况　通过近 6 个月的实施，系统运行稳定。

（2）效果比较　没有物资管理系统前，各车间物资只有保管员知道其存放地点、数量，容易遗漏、缺失，且查询极为不便。

现在通过网络可以即时对各车间的库存物资查寻（以数据、图表形式体现，比较对象为同行业或国内外同类技术），例如某个月车间出库图表如图 2 所示。

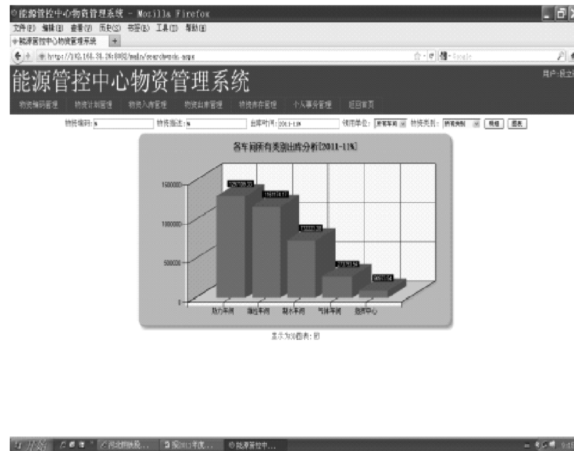


图　2

通过急用物资信息发布及备件测绘明细、零库存备件入库明细等，解决了现场备件使用的问题，也提高了备件计划的准确性。

9　经济效益分析报告

（1）经济效益计算　通过物资管理系统盘活各类机旁物资价值 430 余万元，通过物资管理系统实现资源共享。

（2）社会效益

1）通过物资管理系统加强能源管控中心对各类出库物资、修旧利废的管理，夯实基础管理工作。

2）减少材料员的劳动强度，不再手工记账对账。

3）出库确认程序保证消耗准确。

4）提高物资计划的准确性。

5）推进现场物资规范存放。

不二越电源电路测绘与原理分析

陈　刚

（130012　一汽轿车股份有限公司技术部）

摘　要：本公司于2004年采购了几十台不二越机器人，在公司目前拥有的600多台机器人中，是比较老的产品，产品随长期使用逐渐劣化，并由于备件问题，经常造成较多的停台。为此，需要对产品的原理进行深入解析，并培养自主维修能力。其中机器人电源是常损坏的器件之一。为了降低成本，我们自己测绘了该电源的电路，并通过查询大量开关电源的资料，对其作了详尽的解析，完全掌握了开关电源的维修技术。

关键词：开关电源　机器人　测绘　原理　维修

1　不二越电源电路原理图

该电路实际上是一个比较典型的普通PWM开关电源电路。脉冲宽度的自动调节取决于反馈电平与振荡器三角波的比较。它是一个正激式隔离开关电源电路。隔离变压器包括三个绕组，第三绕组为芯片提供启动电路电源。电路使用了最简单的单管结构。开关管使用了MOSFET器件：2SK1939（2501），N沟道，功率100W。使用线性光耦合器从输出端引回F/B电压及OVP过电压反馈，F/B电压基准为基准电源器件。同时引入了过电流保护电路等。它是一个非谐振式的变换器，即常规的硬开关。

图1、图2是经过我们测绘后的该电源的原理图。电源输出电压为DC5V。下面具体分析各单元电路结构及原理。

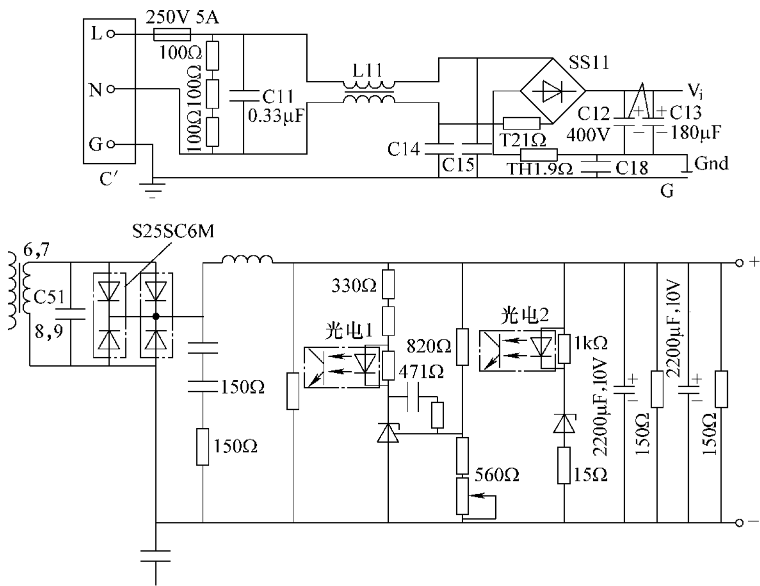


图1　开关电源原理图（输入、输出部分）

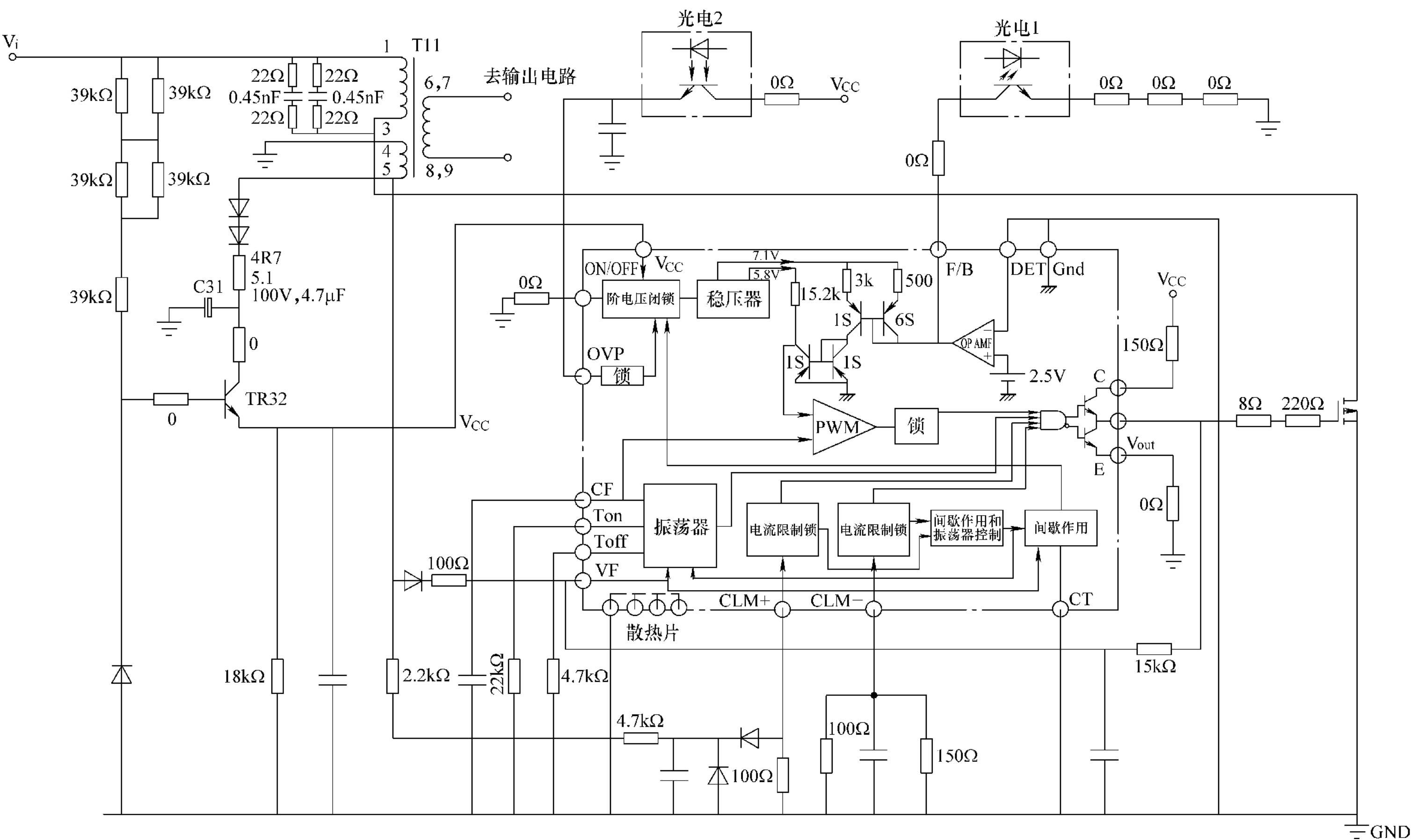


图 2 开关电源原理图（控制电路、变换器部分）

2　电路分解分析

（1）输入电路（图3）　该电路包含滤波、浪涌抑制及全波整流电路。输入电路各电容 C11、C12、C13 用于滤波，滤除高频噪声；电抗器 L11 用于浪涌抑制；电容 C14、C15、C18 用于去耦。输入 220VAC 电压经过全波整流，产生变换器所需的直流电压，以及提供控制电路电源。TH 为过电流电阻，当发生过流时，器件熔断。

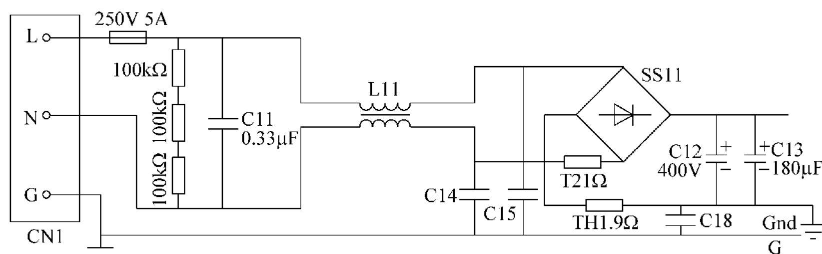


图3　不二越电源输入电路

（2）起动电路（图4）　起动电路是由输入整流电源提供芯片 Vcc 电源的电路。可以从隔离变压器初级或者第三边提供。输出电压一般为 Vcc－2V。

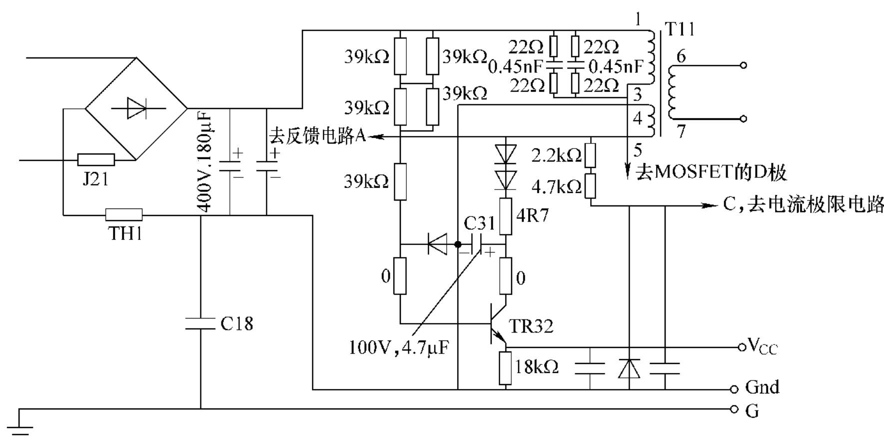


图4　不二越电源启动电路

变压器 T11 的 1、3 绕组为初级主绕组，4、5 为辅助绕组，6、7 为二次［侧］输出绕组。电源去耦电容建议为 10～47μF，启动电流不少于 300μA。

电路由辅助绕组供电，与常规的芯片启动电路有较大差别。C31 及前面的两个二极管用于获得相对稳定的集电极直流偏压，基极偏置取自输入电路的直流电压。A、C 点用于提供其他辅助控制的上偏电源。

发射极下偏置 18kΩ 电阻实际上是通过 0Ω 电阻接到芯片 7 脚，并通过 7 脚并联 0Ω 电阻到 5 脚（热沉端）接地的。

（3）振荡电路　如图 5 所示，Ron 为充电电阻；Roff 为放电电阻；CF 为充放电电容。芯片的上限频率是 500kHz，这是一个可以通过外部阻容器件设置频率的振荡电路。

（4）电源反馈比较和锁存电路　图 6 是电源反馈部分的比较及锁存电路。该电路的 F/B 端为电源实际输出反馈端。输出电压 U_o 经分压采样，控制基准电源。基准电源的高低决定了线性光耦合器的输出电流大小。从 F/B 端看，$I_{F/B}$和 U_{out}是呈线性关系的，这样就

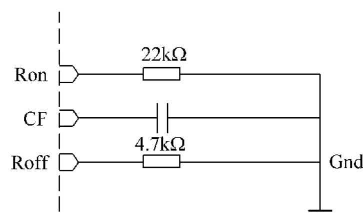


图 5　芯片振荡器外电路

实现了电路的反馈调节。

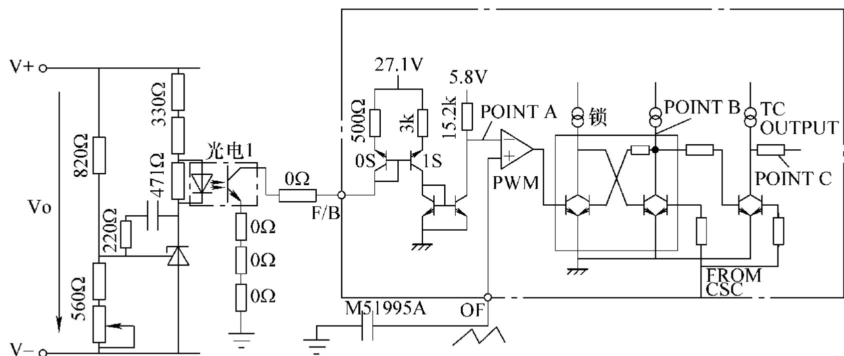


图 6　电源反馈比较及锁存电路

（5）过电流、过电压保护电路（图 7）

1）VF 反馈端。控制芯片输出 U_{out}经过阻容滤波，反馈回 VF 端，用于过电流保护。

2）OVP 过电压保护端。它取决于反馈电路中光电流的大小。因为它直接影响光电输出级的导通程度（U_{ce}），从而直接影响到 OVP 电位。由后面的输出电路可以看出，这个保护点取决于一个稳压管的稳压值。当输出电压高于保护值时，OVP 点电位高于门槛电平 750mV，芯片进入保护状态。

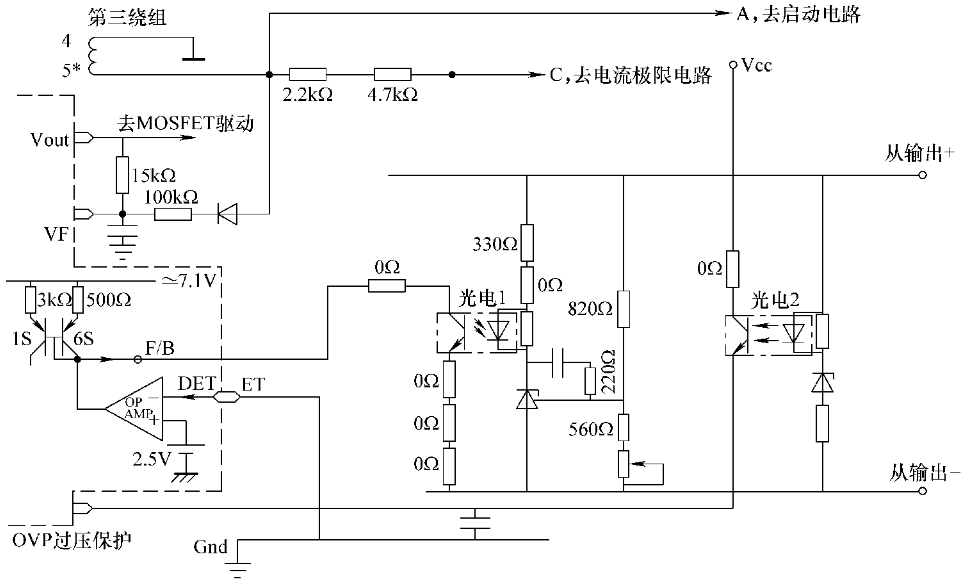


图 7　过电流、过电压保护电路

3）检测端 DET。该端被直接接地，因此 F/B 端不受此点控制。DET 被用于检测输出电压。如果 DET 不接地，则在它超过 DC2.5V 时，将 F/B 电位钳制在 DC0V，从而使得占空比为 0，电源处于保护状态。当它低于 DC2.5V 时，电源正常工作。

（6）电流极限保护电路　由于隔离变压器一次开关管是单向驱动的，所以只进行正极限保护即可。变压器第三边绕组单向脉动信号经过二极管整流及 RC 滤波，送 CLM + 端，作为正极限过电流保护（图 8）。负电流极限被直接接地，不起作用。

在常规情况下，CLM + 或 CLM − 的电压超过阈值（ +200mV/ −200mV）时，过电流信号将使输出截止，并且持续到下一个周期。下个周期将重新恢复，形成所谓“逐脉冲电流控制”。

（7）通断控制电路及热沉端　ON/OFF 端（7 脚）为低电平时芯片才工作，阈值电压为 2.4V。本电路被直接接地，不进行控制。热沉端也被直接接地（图 9），以获取较好的热稳定性。芯片的 5、6、15、16 脚内部是短接的，通过 5 脚接地。

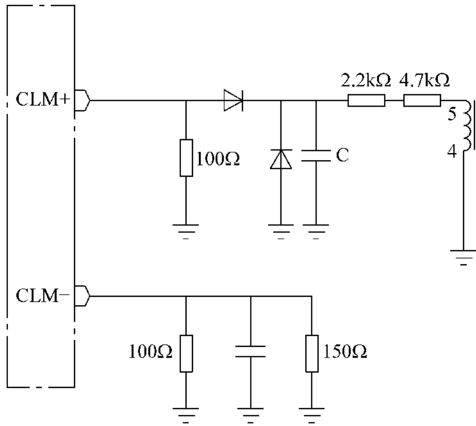


图 8　电流极限保护电路

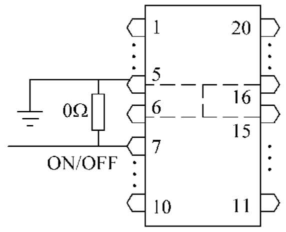


图 9　通断控制及热沉端电路

（8）断续检测控制电路　本电源 CT 端（14 脚）被接地，即断续电路不起作用。

（9）芯片输出及隔离电路（图 10）电源变换器部分是一个简单的单开关降压型隔离变换器。芯片的图腾柱输出脚 2 驱动 MOSFET 管栅极，开关管驱动隔离变压器一次绕组 1－3，主绕组上并联的 RC 电路用于提供泄放通路。第三边绕组用于提供启动电源，如前述。

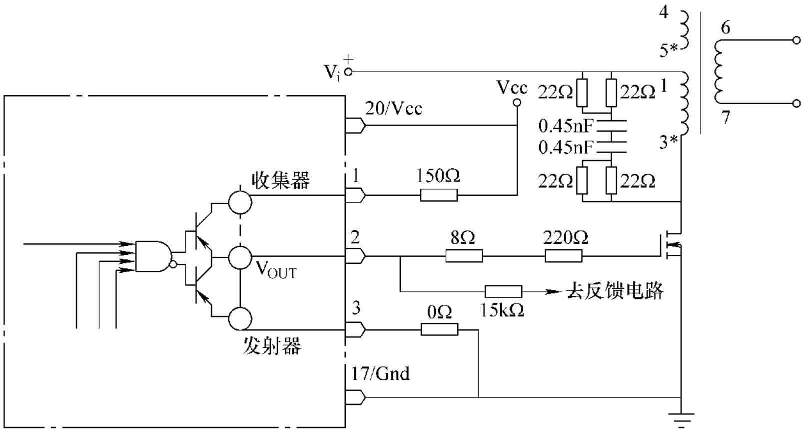


图 10　芯片输出及隔离电路

（10）输出电路（图 11）　整流桥的上面两个二极管用于整流，下面两个用于提供在开关管关断期间电感的续流通路。电感器及电解电容用于滤波，加上两个二极管的续流作用，可以获得尽可能连续的电流。从输出电路看，这是一个 Buck（降压）式开关电源。实际输出为 DC5V。输出电压由光电 1、基准电源及电位器控制，调节电位器可在一定范围内调整输出电压。光电 2、稳压管部分用于获得反馈 OVP 信号，稳压管的稳压值决定了 OVP 保护动作点。

（11）不二越电源的等效变换器电路　综合上面分析，不二越电源的变换器等效电路如图 12 所示。这是一个单管隔离降压变换器，而且是一个传统的硬开关电路。为防止变压器磁饱和及快速恢复，原边使用了简单的 R_1C_1 释放电路。二次［侧］VD_1 整流，VD_2 续流，C_2 去耦，L、C_4 滤波，R_3C_3、R_4 为辅助泄放通路。

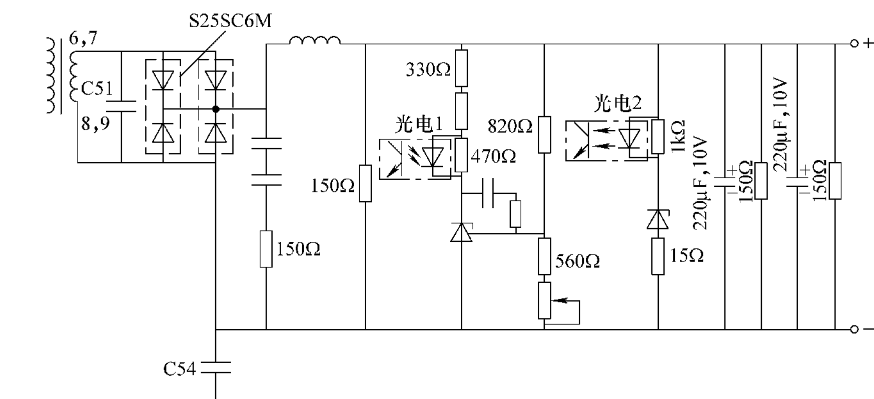


图 11　输出电路原理图

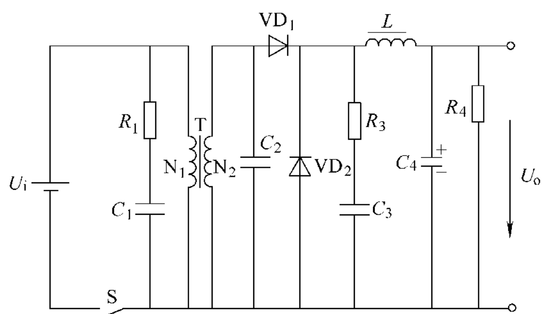


图 12　不二越电源的变换器等效电路

3　结束语

由于这类开关电源在其他设备上也经常用到，因此对它的彻底解析，也有助于高效地维护其他设备电源，并降低维护成本，减少停线时间，提高生产效率。

同时，通过测绘和详细的分析过程，也提升了维修人员自主解决复杂新技术问题的能力。

点检精细化、实效化的对策与方法实践探讨

陈　刚　徐　勇
（130012　一汽轿车股份有限公司）

摘　要：点检是目前企业界设备管理的一种常见作业，对于控制设备频发的缺陷、劣化、不良等有重要作用。真实有效的点检，可以把大部分故障消除在隐患状态，即避免转化为事实故障，给生产造成实际损失。同时，点检又是科学有效的计划性修理的重要依据，是一种长期的设备状态的积累。笔者所在单位也推行了多年的点检作业，但效果不是很理想。在此论述了点检在预防维修体系中的定位、点检中存在的问题、点检执行方法及实际推进中的反思等，对同类点检作业有一定的借鉴意义。

关键词：点检　精细化　流程　预防维修

1　点检及必要性

（1）点检是什么　点检是对设备运行状态进行的日常性检查，通过点检可以及时发现和纠正设备的状态劣化，安全、质量等相关缺陷和环境隐患，以避免缺陷和隐患造成设备事实性故障或事故损失。

（2）点检的分类　点检按作业主体分为专业点检和自主点检：

1）专业点检。由专业维修人员作业的点检，一般覆盖比较复杂、设备深层的，需要有专业技能才能完成的检查内容。同时完成缺陷和隐患的恢复性工作。

2）自主点检。由设备操作人员作业的点检，一般只覆盖设备表层状态、作业安全直接相关的内容。操作者也可以做简单的，不需要作业资质的恢复性工作。

（3）点检能解决的问题

1）点检可以第一时间发现设备不良、缺陷和隐患，为修理提供依据，并由此减少设备故障，提高开动率。

2）点检可以提升员工技能和养成自觉工作的素质。

3）通过日常检查，可以发现影响质量的设备缺陷，通过恢复性修理，确保产品质量。

4）通过检查发现安全隐患，确保人身安全。

2　点检在预防保全体系中的定位

点检是主动预防作业的重要组成部分，包括自主点检和专业点检。

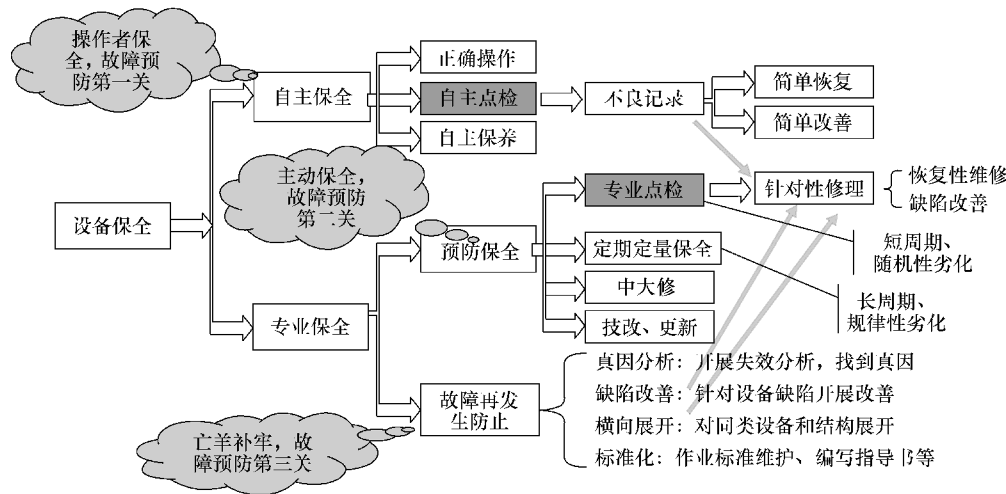


图 1　点检在预防维修体系中的定位

图 1 清晰地展示了点检在预防维修体系中具有重要的，不可替代的定位。

设备保全分为自主保全和专业保全两部分。自主保全属于操作工人的保全作业，而专业保全则属于专业维修人员的保全作业。

点检分为操作者点检和维修工点检。它主要用于动态发生、没有明显规律性的劣化、不良的查找和控制。作业周期较短，一般为 1 天、1 周、2 周等，通常建议周期不超过 1 个月。

相对于点检，定期定量保全被用来解决有一定规律和周期性的设备劣化问题，一般作业周期比较长，如 3 个月、半年、1 年、2 年、3 年等。

对比故障再进行管理，点检属于故障前的预防，是把故障消除在萌芽状态的重要工作。

3　我们点检中容易出现的主要问题

实际点检中存在图 2 所示问题。而导致这些问题的原因是：①工人的主动性不足，没有做到从“要我做”到“我要做”的转变。②新工人，特别是劳务工过多，占 2/3 左右，且流动性大，作业技能相对薄弱。③设备数量大而且复杂，文件编制、点检作业、记录工作量大。④文件编制依赖于技术员，技术人员由于业务繁忙，无法及时更新和进行动态管理。⑤行政管理上，对点检的确认没有形成体制。

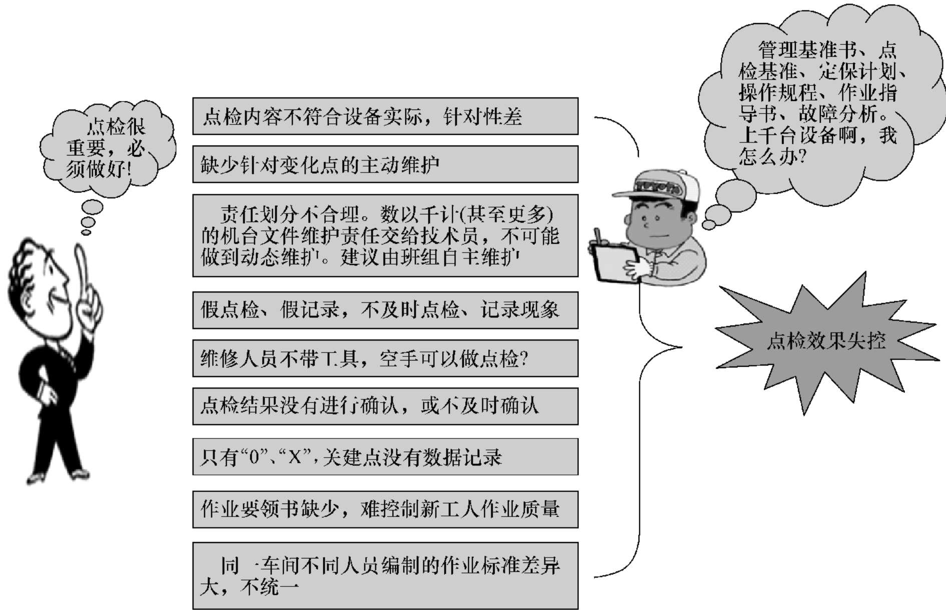


图 2　点检中存在的常见问题

其最终结果，是造成点检效果失控，没有真正发挥预防故障的作用。

4　点检的正确作业流程

针对以上问题，必须先从正确认识分工和流程开始。点检建议以维修人员、操作者作为主体，这个主体包括点检作业标准（点检基准书、点检作业要领书）的编制、点检作业、作业记录、后期针对性修理及改善等。这个过程中，维修班长、组长要发挥组织作用，技术人员对相关标准的编制进行指导培训、审核，特别复杂的点检作业，技术人员可以选择性介入过程。

根据车间人员结构，基本分工建议：

1）操作者、维修工：基准书、要领书编制，作业，记录。

2）班、组长：组织点检管理全过程，进行一级确认。

3）技术员、工段长、车间专职推进人员：进行二级确认。

4）车间主任：进行三级确认。

以上过程中，相关文件要完整和闭环，并且做到真实。

图 3 所示点检的执行流程。点检的一般性流程，要点有：①依据说明书、维修经验、故障记录等编制《点检基准书》。②对复杂的点检作业，应编制《点检作业要领书》。③＊1、＊2 是为保证点检做实，丰田体系企业分解和回收点检作业卡。④执行点检作业，并对点检结果作出记录，点检记录要求上设备悬挂。⑤发现缺陷能立即恢复的要立即恢复，不能立即恢复的，转移到针对性修理计划，组织维修和改善。⑥点检结果要有确认，建议如下三级确认——班组（最少到周）、工段（最少到月）、主任（最少到季）。⑦定期进行效果评价，对作业标准等进行修订。

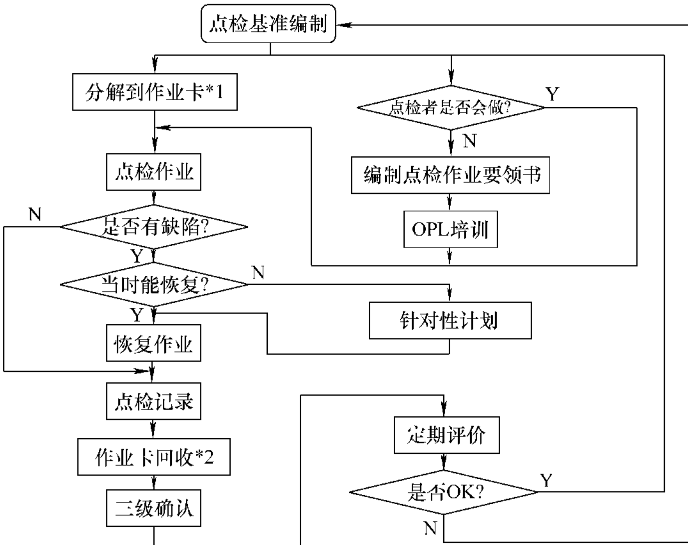


图 3　点检的执行流程

5　点检文件的编制

点检要编制如下三类文件，只有这些文件齐全、真实，点检才可能有效果。

1）首先要编制《点检基准表》，并体现 5W2H 法则，见表 1、图 4。

表 1　5W2H 法则指导制定点检标准

5W2H	中文含义	管理上的理解	基准对应	相当于
Where	何地	在哪里做	定部位	点检的部位
What	何事	做什么	定内容	点检的内容
When	何时	何时做	定周期	点检的周期
Who	何人	由谁做	定人员	点检的责任人
Why	为何	为何要做	理解理由	为什么做点检
How	如何	怎样做	定方法	点检的手段
How much	多少	做多少	定标准	判定标准

2）编制《点检记录表》，记录点检作业结果，包括是否点检、存在问题、设备状态等，量的点检还要有数据记录（图 5）。

一汽轿车	设备点检基准卡									
车间	生产线名称	设备名称		型号	安全要点				编号	
总装车间	检测线	转毂试验台			停电检修时挂检修牌					
序号	部位	项目	操作要领	判定标准	周期	工时（分）	设备状态		责任人	使用工具
							运行	停止		
1	计算机系统	计算机系统显示器	目视	显示功能正常	每班	1	√		操作人员	
4	计算机系统	工控机	1. 目视、工具校验 2. 手动操作检验	1. 接地良好，无松动(停电检查) 2. 散热良好	每日	5	√		维修人员	
5	计算机系统	散热系统	1. 目视、工具校验 2. 手动操作检验	1. 风扇正常旋转 2. 空调运转正常，冷风正常	每日	5	√		维修人员	
9	上电柜内部元件	所有柜内元件固定情况	1. 目视、工具校验 2. 手动操作检验	1. 接线紧固，无松动 2. 按钮工作状态良好	每周	10		√	维修人员	
10	DeviceNet总线系统	总线各模块	目视，工具校验	无报警	每周	2	√		维修人员	
11	ABRSLogix5000系统	PLC	目视	功能正常，无故障报警	每周	5	√		维修人员	
23	驱动装置	轴距位置	目视标记	位置标尺标示正确	每周	2		√	维修人员	
24	驱动装置	轴距调整机构	1. 目视，适时润滑 2. 目视，适时润滑 3. 校验松紧度	1.导轨运行无阻滞，润滑良好 2. 传动链条无严重磨损，润滑良好 3. 链传动张紧适中	每周	15	√		维修人员	
25	驱动装置	电动机滚轮制动蹄	1.目视，可手动检验 2. 目视	1. 制动可靠 2. 无严重磨损	每月	10	√		维修人员	
26	轴距调整机构	制动盘	1. 目视，手动检验 2. 目视	1. 无窜动，调整时可准确定位 2. 无严重磨损	每月	15		√	维修人员	
27	轴承及滑轨	润滑状态	目视，适时更换	自动润滑器油面未到下限	每月	10	√		维修人员	
自动润滑泵			位置标尺							
编制	2010年03月31日	审核		年 月 日	批准		年 月 日			

图4　设备点检基准卡实例

车间确认：班长、组长、技术员、科长

关键点数据记录

图5　点检记录表及数据记录

3）针对比较复杂的作业，要编制《作业要领书》（图6）。

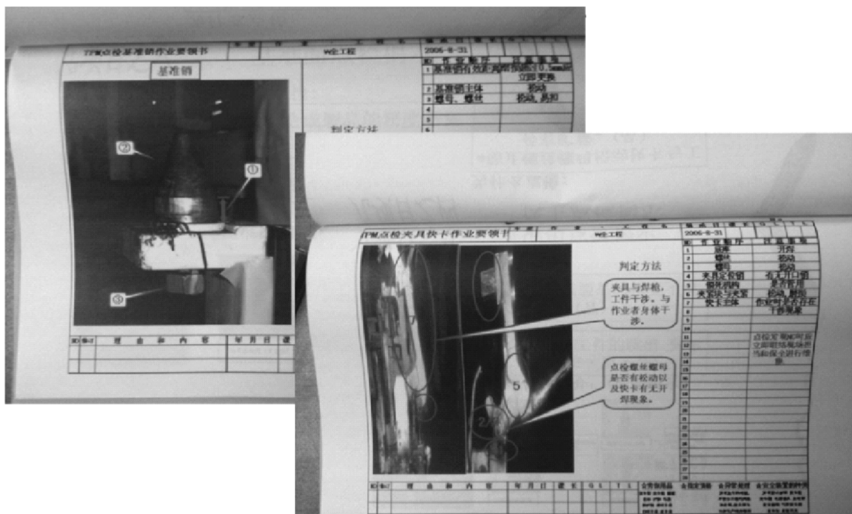


图6　作业要领书

6　点检的“八定”

各企业的点检都有“五定”、“八定”一类的提法，并且各有差异。但目的是共同的，就是为了做到点检规范化管理。

建议如下八定：定部位、定内容、定标准、定方法、定周期、定人员、定路线、定时间。

7　精细化点检应把握的基本要点

所谓精细化点检，就是通过规范化的方法，把点检做实、做细、做出效果。它大致要符合如下基本要求：

1）点检项目。点检项目可以根据人力、物力和可利用时间来确认，不一定项目多才是有效的点检，但一定要包括关键项目。即点检内容一定是在当前条件下最需要的。

2）点检作业。点检作业一定要养成作业者的自觉性，做到“我要做”，而不是“要我做”。按标准作业并如实记录，必须消除假点检。

3）三级确认。班组、工段、车间三级确认是确保点检效果和员工养成的必要环节。

4）作业要领书。为确保所有人都会做点检，针对比较复杂的项目，要编制《作业要领书》，并开展培训。

5）数据记录。关键量化点检点要有数据记录，如绝缘、磨损量等，数据记录的积累，可以作为设备劣化趋势分析的依据，指导定期定量保全作业。

6）定常作业。推行“八定”。也可根据自身设备特点确认“定”的内容。

7）缺陷处置。缺陷一定要真实记录，并现场恢复，不能立即恢复的要纳入针对性修理计划，形成闭环。

8）定期评价和改善。对点检效果，要根据新发故障、更换记录等进行定期评价，并对现行点检制度、项目、作业标准等进行修订和完善，使点检更加贴近实际。

8　自我拷问——点检，我们做好了吗？

点检是否真正做到位了呢？其实，只要你认真回答如下问题，自己就会找到差距。

（1）编制点检基准

1）问题1——我们的点检基准覆盖了多少设备，有多少设备没有做？

2）问题 2——设备改造了，新问题出现了，点检基准维护了吗？

3）问题 3——点检内容是否合理，是否能控制设备关键点？

（2）编制作业要领书

1）问题 4——我们的工人，特别是新工人是否真的会做点检？有多少不会做？

2）问题 5——复杂的点检过程，是否编制了作业要领书，编制了多少？

（3）开展培训

1）问题 6——知道新工人不会点检，但我们做过培训吗？做了多少？

2）问题 7——等着要熟练工人，会有结果吗？继续等下去吗？

（4）定人定机，真实点检，做好记录

1）问题 8——我们的维修工是不是真在做点检？是不是只在画记号？

2）问题 9——维修工如果不带工具，能完成点检作业？

（5）关键点一定要量化，才能做到趋势管理

1）问题 10——车间设备有多少必须关注趋势变化的点，这些点不负责任地控制，就会出质量问题或重大停线？识别过吗？

2）问题 11——关键点点检不做数据记录（如加注设备真空、加注量、空调过滤点压力、关键电动机绝缘、电流平衡度、链条拉伸率、轨道磨损度等）能否把握趋势或真正状态？车间点检有数据记录吗？有多少个点？是否形成了趋势管理档案？

（6）车间要有确认，并纳入个人考核

1）问题 12——我们的工人是否到了不监督也能把事情做好？

2）问题 13——我们是否知道车间点检是否真正在做起来了？开展情况如何？能否说清楚？

3）问题 14——车间班组长、工长、主任，是否有层层确认机制？

（7）上述问题思考完后，再问最后一个问题：

问题 15——你对设备管理是否真正重视起来了？下一步该怎么办？

进口板坯燃气切割程控气动阀门技术研究与维修

徐　达

（117022　本溪钢铁（集团）机电安装工程有限公司液压检测处）

摘　要： 我国数控自动切割成套设备通常依赖国外进口，核心元件技术急需向国产化转化。进口元件销售价格通常是国产元件的数倍，无形中增加了设备的维修费用。长期以来，板坯燃气切割程控气动阀门维修用器件、密封件都得从国外进口，但维修使用效果却并不理想。经过我们的反复试验和总结，认识到进口设备能否成功向国产化转化决定于对进口设备关键技术的理解和吸收。进口板坯燃气切割程控气动阀门结构设计紧凑，占用空间小，关键技术在于将气动减压阀的双气室减压功能巧妙整合在一起，既增加了元件的稳定性，同时减小了有效空间。笔者近几年一直致力于进口冶金液压、气动设备的试验和向国产化转化的工作。先后使高炉煤气洗涤塔环缝密封填料箱技术国产化，以及洗涤塔环缝顶升伺服液压缸国产化改造获得成功。均达到进口原装设备使用寿命，且仍然在设备上安全运行，而价格仅有进口设备 1/5。2012 年还成功为板坯燃气切割程控气动阀门进行国产化技术转化，并仍然在设备上运行，价格降低了 2/3，使用寿命还略有提高。重要的是可以有效降低维修成本。解决了火焰切割机械控制阀门的关键元件国产化，有助于在机械制造业确立国内品牌。

关键词： 板坯燃气切割程控气动阀门　阻力节流孔　顽固性积炭

板坯连铸切割程控气动阀门同样适用在钢板的数控切割机械中，是实现自动控制的关键。其机械的使用领域涵盖建筑、冶金、造船、化工、电力、石油等行业对金属板材、管材的切割，应用很广泛。其主要结构为截止阀组件、阀体、密封组件、电磁阀组件、压力表开关组件（图 1）组成。

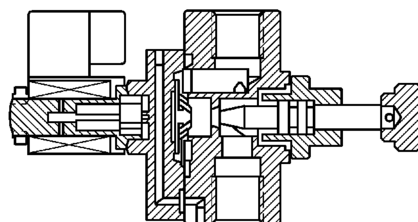


图 1　主要结构简图

1　工作原理和步骤

（1）工作原理　板坯连铸切割程控气动阀与一般气动减压阀的两级减压原理基本相同，电磁先导阀的启闭控制膜片上、下腔压力。弹性薄膜上设阻力节流孔，提高了对膜片控制的灵敏度，即提高了阀的稳定性。整合占用空间，单级完成两级减压作用。节流阀开口量决定切割流量的大小，适当的切割流量和相应速比将最终决定板坯的切割质量。

（2）工作步骤　节流阀调节到合适开口，燃气通过进气口进去膜片下腔，燃气气体压力试图与密封膜片弹簧力平衡。为使阀门形成先导电器控制和进一步保证燃气切割阀系统的稳定，部分压力燃气透过膜片上的阻力节流孔进入膜片上腔，膜片上腔压力逐渐升高，使膜片上下腔压力渐渐趋于平衡，膜片在复位弹簧的作用下使膜片关闭 。当电磁先导头动柱抬起，气体压力卸荷时，阻力节流孔起到阻力气流的作用，膜片和复位弹簧不能抵御膜片下腔压力，膜片上提，燃气通过出口进入工作机。当电磁先导头卸荷封闭时，使压力气体迅速充满到后腔，膜片关闭通道，停止切割。

2　板坯燃气切割阀的正确使用和常见问题与排除

分析造成板坯燃气切割阀故障的原因首先要了解火焰切割的原理和使用介质，冶金行业一般使用氧气与煤气燃烧产生的火焰来进行板坯的切割。切割过程中 85% 热量由金属燃烧过程提供，对燃气的热值考虑相对次之。整个火焰切割过程是；预热→燃烧→吹渣的过程。火焰切割过程会喷铁粉，造成红色氧化铁粉飞扬。割枪的点火和关火过程混合气体会在割炬和板坯燃气切割阀内短暂燃烧，形成顽固性积炭堆积，极难清除。

（1）积炭和焦油的清理　板坯燃气切割阀由于用煤气作为介质，煤气中含有焦油、灰尘和萘等，气体燃烧过程产生顽固性烟尘，流经小孔道的焦油和碳粒具有一定粘附性，很容易聚合在一起堵塞密封阻力节流小孔和堵塞阀体孔道。炭和焦油极不容易清除，造成修复困难。由于膜片上阻力节流小孔直径只有0.6mm，被胶粒和积炭堵塞很难被发现，且容易被忽略，因此应该特别引起注意。膜片阻力孔堵塞一定要用针透出，否则会引起板坯燃气切割阀直通。处理铜阀体焦油、碳粒的有效清除方法是用四氯化碳溶液浸泡1h，用毛刷清理，效果很好。

（2）影响火焰切割质量因素　板坯燃气切割阀节流阀适当开度直接影响火焰切割质量，应注意及时控制气体的输入。其切割质量的对比，火焰气体流量调定正适合时，见图2；燃气流量过大且氧气流量也过大时，见图3。



图　2

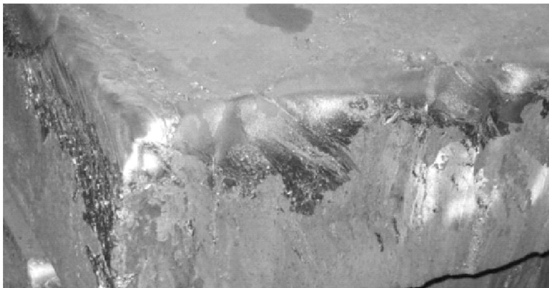


图　3

（3）焦油、烟尘堵塞阀头节流孔　节流孔堵塞会使导气道堵塞割炬慢风门，造成点火功能失效。板坯燃气切割阀常见故障及排除（表1）

表　1

故障现象	产生原因	消除方法
减压阀不减压或减压失灵及直通	1）主阀密封面阻力节流孔有污物阻塞 2）主阀密封损坏 3）主阀复位弹簧疲劳或折断 4）反馈通堵塞 5）膜片疲劳或损坏	1）将污物清除 2）密封更换 3）更换新弹簧 4）清除通道中的污物 5）更换膜片
不过气	1）清洗过程中阀盖装错位 2）电磁先导头失灵 3）先导孔道堵塞	1）拆下阀盖定位后装好 2）检查电器通路、及时更换 3）拆下阀盖清除通道污物

3　结束语

进口设备国产化简单说是测量→复制的过程，期间对关键技术的理解非常重要。3年来，我们修复和制造的板坯连铸切割程控气动阀门，经过连铸生产线上使用都达到了满意效果，最主要的为企业降低不少维修资金。

二、设备监测与诊断

高速数控机床电主轴系统故障机理及诊断

徐小力[1,2]　孟玲霞[1,2]　王西彬[2]　陈　鹏[3]
（1. 100196 北京信息科技大学 现代测控技术教育部重点实验室；
2. 100081 北京理工大学；3. 514－8507 日本三重大学）

摘　要：通过对高速数控机床电主轴系统的结构进行分析，建立了数控机床电主轴系统的动力学模型，研究了高档数控机床电主轴系统不平衡、碰摩、轴承损坏、支撑松动等常见故障的故障机理；给出了高档数控机床电主轴系统故障诊断的一般方法和步骤，搭建了电主轴系统故障监测与诊断实验台，并以电主轴偏心为例进行了故障诊断。本项技术能够为数控机床、风电机组等主轴系统的故障诊断、故障预报及科学维护提供关键技术，并具有进一步工程应用的前景。
关键词：数控机床　故障诊断　故障机理　电主轴系统

1　引言

随着先进制造技术的发展，高速加工技术已经成为继数控技术之后，并使制造技术产生第二次革命性飞跃的一项高新技术。它不仅具有极高的生产率，而且可显著地提高零件的加工精度和表面质量。而高速主轴又是超高速数控机床高端装备的核心部件，它的性能和可靠性直接决定了机床的超高速加工性能及效率[1]。如何进行状态监测和故障诊断提高数控设备的可靠性，实现由“事后维修”到“预知维修”的转变，提高企业和设备的管理水平；保证产品的质量，避免重大事故的发生，降低事故危害性；以及为企业的经济效益和安全生产提供保障，都具有非常重要的意义[2]。

当前大部分数控系统已具有一定的自诊断功能，可以诊断常见的电气系统故障，但很难诊断引起机床加工质量下降的主轴机械类故障。由于受到负载变化、电力系统变化、各种干扰和突发性、偶然性因素的影响，使得数控机床主轴在运转过程中出现一些机械故障，如碰磨、不平衡、支撑松动、裂纹、主轴轴承损坏、主轴严重发热、电动机转速下降、输出力矩不足等[3]，目前数控系统对这些故障还不能进行自动诊断。要对这些故障进行诊断，故障机理研究是基础。无论什么故障只有在研究机理的基础上，才能有效地分清主次因素，进行主轴故障的快速、准确的预报及诊断[4]。在对主轴故障机理研究的基础上，进行多传感信息融合故障诊断，可以实现主轴系统的故障趋势预报、早期故障预警、故障报警及故障查询、设备维护等故障服务。

2　电主轴系统故障机理分析

故障机理研究的主要手段是实验研究、仿真模拟、理论研究。项目在对主轴故障进行数学建模、MATLAB 仿真分析的基础上，进行故障模拟实验研究，并得到数控机床电主轴系统常见故障的故障征兆。数控机床电主轴系统中常见的故障有主轴偏心、主轴碰摩、主轴弯曲、主轴裂纹、主轴轴承疲劳磨损破裂、主轴支撑松动等故障。当主轴系统发生不同故障时，常伴有一些敏感特征，如特征频率、常伴频率、振动烈度、振动稳定性、轴心轨迹、相位特征、进动方向、对转速的敏感反应、温度变化、声发射信号、零件加工表面质量、主轴功率信号等的变化[5]。

（1）电主轴系统动力学模型　目前数控机床高速主轴多采用电主轴，其结构紧凑、重量轻、惯性小、动态特性好，易实现高速化，转速范围可以达到 30～200000r/min。电主轴是将主轴电动机的定子、转子直

接装入主轴组件的内部，电主轴的电动机转子就是主轴，主轴的壳体就是电动机的机座，实现了机床主轴系统的“零传动”，是现代高档数控机床主要的关键部件。电主轴采用的支撑方式有陶瓷轴承、磁悬浮轴承、动静压轴承、钢质滚动轴承等，图 1 所示为采用钢质滚动轴承的电主轴结构简图[6]。电主轴系统可以简化为 6 自由度的转子支撑模型[6-10]，如图 2 所示。

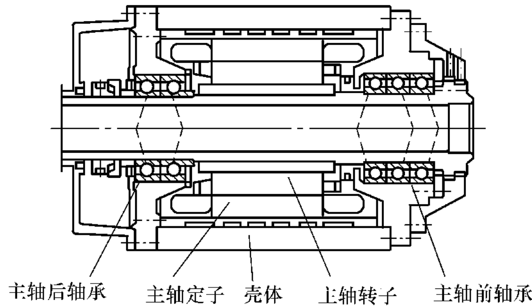


图 1　电主轴结构简图

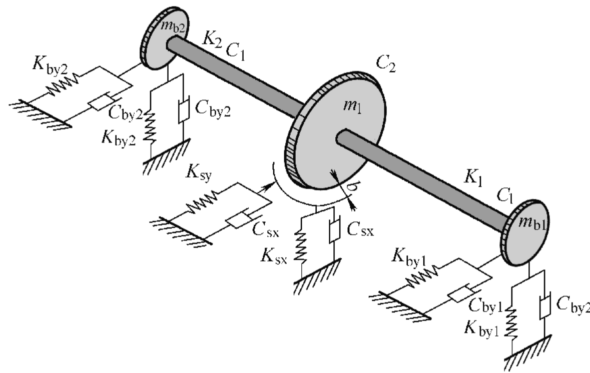


图 2　电主轴系统动力学简化模型

主轴系统的动力学微分方程如下[6-10]：

$$
\begin{cases}
m_{b1}\ddot{x}_{b1} + C_1\dot{x}_{b1} + K_1(x_{b1} - x_s) = -m_{b1}\vartheta - f_{bx1} \\
m_{b1}y_{b1} + C_1\dot{y}_{b1} + K_1(y_{b1} - y_s) = -f_{by1} \\
m_s\ddot{x}_s + C_{sx}\dot{x}_s + K_{sx}(x_s - \delta) = -m_s\vartheta + m_e e\omega^2\cos\omega t - F_x \\
m_s\ddot{y}_s + C_{sy}\ddot{y}_s + K_{sy}(y_s - \delta) = m_e e\omega^2\cos\omega t - F_y \\
m_{b2}\ddot{x}_{b2} + C_2\dot{x}_2 + K_1(x_{b2} - x_s) = -m_{b2}\vartheta - f_{bx2} \\
m_{b2}\ddot{y}_{b2} + C_2\dot{y}_{b2} + K_1(x_{b1} - x_s) = -f_{by2}
\end{cases}
\tag{1}
$$

式中，x_{b1}、y_{b1}、x_s、y_s、x_{b2}、y_{b2}分别为系统前轴承、转子及后轴承在 x、y 方向的位移；m_{b1}、m_s、m_{b2}分别为固定在前轴承、前后轴承跨距间及后轴承的转轴质量；m_e 为偏心质量；C_1、C_2 是转轴的材料阻尼；K_1、K_2 是转轴的刚度系数；C_{sx}、C_{sy}为转子碰摩阻尼；K_{sx}、K_{sy} 碰摩刚度系数；f_{bx1}、f_{by1}、f_{bx2}、f_{by2}为前轴承与后轴承分别在 x、y 方向的轴承力；F_x、F_y 分别为径向碰撞力 F_N 和切向摩擦力 F_T 在 x、y 方向的分力。

轴承的支撑力[8]为

$$\begin{cases} f_{bx1} = -C_{b1}\dot{x}_{b1} - \sum_{i=1}^{N_b} K_{b1}[(x_{b1}\cos\alpha_1 + y_{b1}\sin\alpha_1) - \gamma]\cos\alpha_i \\ f_{by1} = -C_{b1}\dot{y}_{b1} - \sum_{i=1}^{N_b} K_{b1}[(x_{b1}\cos\alpha_1 + y_{b1}\sin\alpha_1) - \gamma]\sin\alpha_i \\ f_{bx2} = -C_{b2}\dot{x}_{b2} - \sum_{i=1}^{N_b} K_{b2}[(x_{b2}\cos\alpha_1 + y_{b2}\sin\alpha_1) - \gamma]\cos\alpha_i \\ f_{by2} = -C_{b2}\dot{y}_{b2} - \sum_{i=1}^{N_b} K_{b2}[(x_{b2}\cos\alpha_1 + y_{b2}\sin\alpha_1) - \gamma]\sin\alpha_i \end{cases} \quad (2)$$

式中，K_{b1}、K_{b2}为接触刚度；C_{b1}、C_{b2}为接触阻尼；α_i 为第 i 个滚子的接触角；γ 为轴承的初始游隙；N_b 为滚子数。

碰摩力在 x、y 方向的分力为[6]

$$\begin{cases} F_x = -K_r(1-\delta/r)(x-\mu\cdot y) \\ F_y = -K_r(1-\delta/r)(\mu\cdot x+y) \end{cases} \quad (3)$$

式中，r 为转子的径向位移。

首先对电主轴进行机械动态特性参数识别，然后将上述微分方程进行无量纲化，并采用 MATLAB 编写求解程序，采用四阶尤格－库塔法进行数值积分进行微分方程求解。

（2）电主轴系统故障征兆　数控机床在运行过程中，会有大量的信息出现蕴藏于主轴的振动信号中，通过研究主轴系统发生不同故障时解随转速、故障的变化特点即故障征兆，进而进行主轴系统的故障诊断。

1）主轴不平衡。主轴系统在制造装配过程中存在质量偏心，安装时预紧力过大、超速超负荷运转或在运行过程中由于腐蚀、磨损、介质结垢及主轴受疲劳力的作用，使主轴的零部件局部裂纹、损坏、脱落等造成主轴系统质量不平衡，由此产生的不平衡力是引起系统故障的主要原因[5]。主轴偏心大小直接决定着主轴工作过程中的不平衡力，会引起主轴跳动增大，导致加工形状精度、表面精度大幅下降。主轴不平衡振动的时域波形为正弦波；谐波能量集中于基频；当转速较低或偏心量较小时，离心力小于油膜力，频谱图中会有低次频谐波；低速时，振幅随转速的增加而增大；高速时，振幅趋于一个较小的稳定值；当工作转速一定时，相位稳定；在同一转速下，随偏心量的增加有增大的趋势；转子的轴心轨迹为椭圆[5, 11, 12]。

2）主轴碰摩。在高速旋转机械中，为了提高机器效率，往往把密封间隙做得较小，以减少润滑油、冷却液的泄漏。但是，小间隙会引起转子与静止部件的摩擦。例如，轴的挠曲、不平衡、转子与定子热膨胀不一致等原因引起的振动，容易发生主轴转子与定子间的摩擦碰撞。转子刚度在接触与非接触两者之间变化，转子横向自由振动与强迫的旋转运动、涡动运动叠加在一起，会产生一些特有的、复杂的振动响应频率，表现出丰富的非线性动力学现象。当主轴发生碰摩故障时，系统振动不稳定，时域波形有明显的削波现象，频谱图中有较多的低次谐波，且随转速幅值增大，轴心轨迹较紊乱。当碰摩严重时，伴随主轴严重发热[5, 12]。

3）主轴弯曲。转子由于转轴结构不合理、制造误差大、材质不均匀或是由于热稳定性差、长期运行后转轴自然弯曲加大，也可能由于预紧力过大、开机运行时热机不足、升速过快、加载太大、主轴热变形不均匀等原因造成主轴永久变形或临时弯曲。主轴弯曲时以基频振动为主，常伴有 2×倍频，振动较稳定，轴心轨迹为椭圆，振幅随转速及弯曲程度而增大[5, 12]。

4）主轴裂纹。主轴由于材质不均、结构应力集中，长期频繁起动、升速过快等易产生疲劳裂纹。裂纹所引起的转子刚度非对称性不仅是裂纹深度的函数，也是裂纹相对转轴振型的位置和运行时间的函数，振动是非线性振动。当主轴存在横向裂纹时，振动不稳定，轴心轨迹为双椭圆或紊乱，常在半临界转速的频率出现峰值，常伴有 2×倍频、3×倍频，振动随转速、负荷变化明显[5, 12]。

5）支撑松动。由于机床的长期振动、安装质量不高、在外力和温升作用下产生间隙、主轴箱变形、操作不当撞机或缺乏防松措施造成部件松动等易造成主轴与主轴箱或主轴箱与机床床身之间出现松动，这是主轴系统常见的故障。此时主轴连接刚度下降，机械阻尼减小，导致振动异常，使系统产生周期性碰摩，

很容易引起系统的1/3及其倍频的振动频谱分量，且波形下部会出现明显的削波现象，频谱成分多以低频为主，伴随幅值较小的高频成分[5, 12]。

6）主轴轴承故障。滚动轴承在运行过程中，由于装配不当、润滑不良、水分和异物侵入、腐蚀和过载或经过一段时间运转，可能使轴承出现疲劳剥落、胶合、磨损、烧伤、腐蚀、破损及压痕等而不能正常工作。轴承的振动受间隙及主轴影响，非常复杂，且呈现非线性。但其故障频率常伴有其内圈转动频率（即主轴转动频率）、滚动体通过内圈及外圈频率、保持架的旋转频率等及其倍频。此外，轴承损坏会导致轴承及主轴温度快速升高。常用的故障专断方法有振幅值诊断法、波形因数法、波峰因数法、概率密度法、峭度系数法、冲击脉冲法、共振解调法、倒频谱分析、声发射法等[5, 12, 14]。

主轴转频：

$$f_{\mathrm{r}} = \frac{n}{60}$$

轴承内圈一点损伤时滚动体通过频率：

$$f_i = \frac{1}{2}Z\left(1 + \frac{d}{D}\cos\alpha\right)f_{\mathrm{r}}$$

轴承外圈一点损伤时滚动体通过频率：

$$f_{\mathrm{a}} = \frac{1}{2}Z\left(1 - \frac{d}{D}\cos\alpha\right)f_{\mathrm{r}}$$

轴承滚动体一点损伤时的振动频率：

$$f_{\mathrm{b}} = \frac{D}{2d}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2\cos^2\alpha\right]f_{\mathrm{r}}$$

3　电主轴系统故障诊断

高档数控机床加工工件的过程常常会遇到多个故障同时发生，导致无法判别故障源。当发生故障时，其中一种或几种信号会发生相应变化，一种信号的变化可能是几种故障引起的，因此，仅仅依靠一种传感器进行故障诊断显然可靠性较低[14]。通过分析主轴系统的振动特性及故障机理，可以构建一个基于多传感器的多信息融合智能故障诊断平台对数控机床主轴系统进行状态监测及故障诊断与服务。

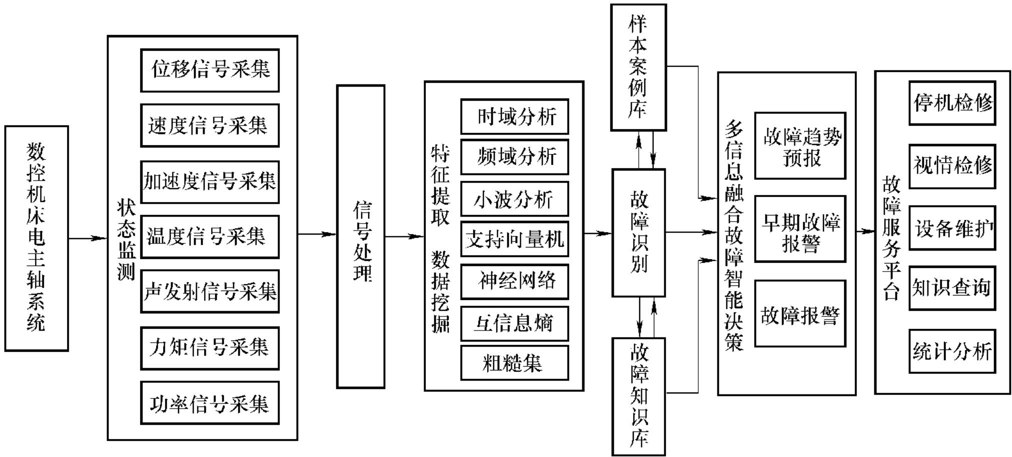


图3　高速数控机床电主轴系统故障诊断平台

（1）故障诊断平台构建　多信息融合的数控机床电主轴系统智能故障诊断平台主要由状态监测、信号处理、特征提取、故障识别、故障决策、样本案例库、知识库及故障服务平台构成。平台通过在线振动信号拾取、力矩信号拾取、声发射信号采集、功率信号采集、温度信号采集、零件加工表面质量监测等多传感器对数控机床主轴系统进行状态监测。除了采用传统的时域、频域分析技术对信号分析处理外，还可以采用小波包分析、支持向量机等数据挖掘技术及基于神经网络、互信息熵、粗糙集方法等进行故障特征提

取[15]。在故障特征提取的基础上，可以进行结合在线故障特征及历史样本数据，构建故障案例库和样本知识库，再通过模糊聚类、神经网络等进行故障识别。将来自多个传感器的各种信息，按照一定的方式进行分析组合如贝叶斯估计、证据理论、模糊逻辑及神经网络等，从而进行协同有效的智能故障决策，实现故障趋势预报、早期故障预警及故障警报等；并为用户提供定期检修、视情维修、设备维护依据和建议以及知识查询、统计分析等服务。

（2）实验验证　为了快速进行电主轴系统的故障机理分析、故障模拟实验，知识获取及样本案例库构建，搭建了高速电主轴系统故障诊断实验台，如图 4 所示。该实验台中的电主轴可以实现 30 ~ 40000r/min 的转速，并设计有多个传感器安装支架，可以快速实现振动、温度等传感器的安装。实验采用 PCI－2 型声发射检测系统，主要用于检测轴承故障；采用加速度传感器及北京东方振动噪声研究所 INV－USB 高速数据采集及分析处理系统采集振动信号；采用互感器进行主轴输出功率测量；采用 pt100 的 32 通道巡检仪及红外测量主轴及轴承温度。项目进行了一系列的不同偏心重量、不同转速及支撑松动等故障模拟实验，以主轴偏心（实验工况：主轴转速 2300r/min，偏心块 2kg，偏心距 58mm）为例说明故障诊断结果，如图 5 所示。

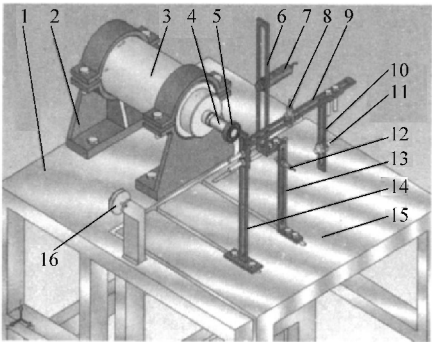
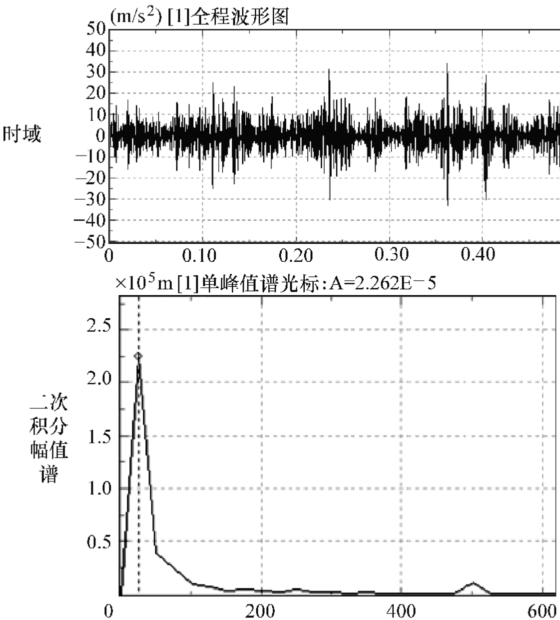
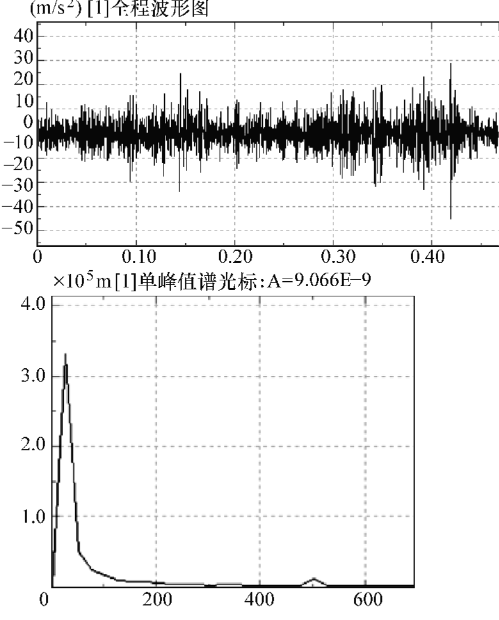


图 4　电主轴故障诊断实验台
1—主轴运转平台　2—主轴支撑　3—电主轴
4—轴端接杆　5—轴承
6、9、10、13、14—传感器固定、调节支架
7—红外温度传感器　8、11、12—电涡流位移传感器
15—测试平台　16—滑轮

通过表 5 可以看出，主轴存在偏心不平衡时，其幅值谱中基频处峰值明显增大，且轴心轨迹为椭圆，可以较为清晰的判断主轴不平衡故障的发生。当电主轴偏心量较小或不仅存在一种故障，如与主轴弯曲、主轴裂纹、支撑松动等故障同时存在时，其频域特征、轴心轨迹特征较复杂，不能仅靠一种信号进行故障确定时，可以与声发射信号、温度信号、功率信号等特征结合，采用多信息融合法进行智能故障诊断[16]。



a) 电主轴正常状态



b) 电主轴偏心

图 5　主轴偏心故障征兆及诊断

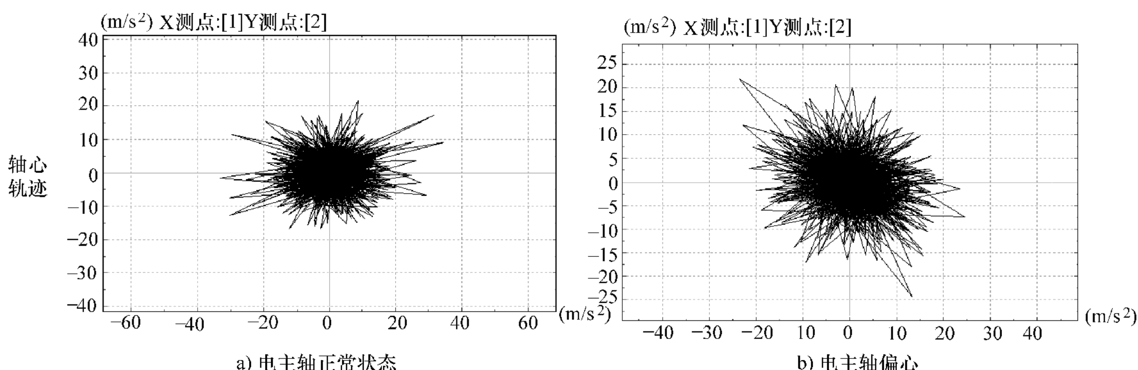


图 5　主轴偏心故障征兆及诊断（续）

4　结束语

通过对数控机床电主轴系统进行动力学建模，并详细分析了主轴系统不平衡、碰摩、弯曲、裂纹、支撑松动及主轴轴承故障等产生的原因及故障征兆。设计了主轴系统故障诊断平台，搭建了电主轴故障诊断实验台，进行了电主轴不平衡故障诊断实验，为快速、准确、有效地进行高档数控机床电主轴系统故障诊断提供基础。本项技术能够为数控机床、风电机组等主轴系统的故障诊断、故障预报及科学维护提供关键技术并具有进一步工程应用的前景。

参 考 文 献

［1］ 储开宇．数控高速电主轴技术及其发展趋势［J］，机床与液压．2006，10：228－230.
［2］ 陈予恕．机械故障诊断的非线性动力学原理［J］．机械工程学报，2007，43（1）：25－34.
［3］ 喻步贤．数控磨床电主轴常见故障诊断与分析［J］．机床与液压，2011，39（12）：135－136.
［4］ 王仲生．智能故障诊断与容错控制［M］．西安：西北工业大学出版社，2005.
［5］ 韩捷．旋转机械故障机理及诊断技术［M］．北京：机械工业出版社 1997.
［6］ 侯佑平．基于转子－轴承耦合系统的耦合故障机理分析及智能诊断，［D］．南京：南京航空航天大学，2007.
［7］ 张爱华，仁工昌，燕向阳．基于灰色关联度分析的数控机床主轴系统故障诊断方法［J］．机械设计与制造，2010，11：160－161.
［8］ 张伟刚，高尚晗，龙新华，等．机床主轴－滚动轴承系统非线性动力学分析［J］．振动与冲击，2008，27（9）：72－75.
［9］ 乔保栋，转子－滚动轴承耦合系统的滚动轴承故障分析与智能诊断［D］．南京：南京航空航天大学，2011.
［10］ 孟杰，陈小安．电主轴动力学分析的传递矩阵法［J］．机械设计，2008，25（7）：37－40.
［11］ 何春芳，傅成华，郭辉．基于数据挖掘与仿真的数控机床旋转部件故障诊断方法研究［J］．科技信息，410－413.
［12］ 赵利华．旋转机械故障机理与轴心轨迹识别方法研究［D］．大连：大连理工大学，2010.
［13］ 冯东方，郑鹏，滕立波．用故障诊断方法判断机床主轴轴承的工作状态［J］．控制与监测，2005，11.
［14］ 任彬．高档数控机床多信息融合远程故障诊断研究［D］．北京：北京理工大学，2013.
［15］ 高正明，何彬，等．常用故障特征提取方法［J］．机床与液压，2009，37（12）.
［16］ 徐小力，蒋章雷，Chen Peng．基于 MWGANN 模型的旋转机械趋势预测［J］．北京信息科技大学学报（自然科学版），2012，27（1）：1－4.

港口设备故障诊断系统的开发与应用

李　强　荆鸿超　赵　玮
（276800　日照港股份一公司）

摘　要：开发编写了触摸屏程序，实现了港口设备故障的自动诊断，提高了设备的智能化。

关键词：触摸屏　升级　开发

1　现状及问题

我港煤二期堆料机、取料机等大型装卸设备于2003年投产，其自动化、信息化程度较高。电气系统普遍采用施耐德昆腾PLC程序控制、ABB变频器驱动、人机界面显示模式，这也是目前此类设备电控的主流模式。人机界面采用中国台湾产海泰克触摸屏，编程软件采用ADP3。触摸屏和PLC通过RS232协议通信，用来显示设备限位开关、电流、动作角度、压力等状态信息，便于操作人员掌握设备状况，了解设备运转实时信息如输送带流量等，并进行一些设备常见故障的原因查找。

设备常见故障的原因查找和处理是操作人员的一项重要工作技能，此项技能以往需要多年的工作经验积累，无法快速掌握。经常出现因操作错误或连锁条件不具备、设备故障等原因造成设备不能正常运转的情况，操作人员查找不到原因时，需要联系电气维修技术人员；并使用编程软件通过上位机联机PLC，在线查看程序，查找故障原因。这些都需要一定的软件专业知识，且联机程序繁琐，易引起程序的误修改，增加了故障处理时间。因公司设备型号众多，操作方式不尽相同。有时不是设备故障，而是操作人员对设备不熟悉，操作错误造成，尤其是新进操作人员此类问题更加突出。如何快速提高操作人员的技能水平和维修人员处理故障的速度，是摆在设备管理部门面前的课题。解决这一课题，需要依靠技术手段，不断提高设备智能化。为此对现有的设备7、8号取料机人机画面进行了升级改造，开发了基于触摸屏的设备故障诊断系统。

2　解决措施

（1）硬件升级　首先对触摸屏硬件进行更换。该设备已运行10多年，触摸屏采用海泰克PWS3160，经常出现死机、背光灯电源故障、无法显示等问题，修复后性能不稳定。此型号的触摸屏已经停止生产，无法采购，需要重新选型。通过技术参数对比，采用海泰克PWS6A00T－P产品进行代替。安装时应注意两个问题：①24V电源接口与原型号不一致，需要将电源线的接地和＋极对调。②与PLC通信的COM2口改为25针母接头，原型号为25针公接头，需要对设备原有的通信电缆进行改造，更换为25针公插头。

（2）软件升级　更新后的PWS6A00T－P支持的开发软件为ADP6，不支持老版本程序。而原触摸屏画面程序采用ADP3软件开发，程序文件无法直接在ADP6软件中打开。因此需要将原有的程序文件通过ADP3.2软件进行转换后，才能在ADP6中打开。

（3）故障诊断系统开发　工作内容包括两部分：一是将原程序下载到新触摸屏，保持原有触摸屏的功能；二是在原程序的基础上，新开发增加设备故障诊断系统。

1）设计目标。当设备出现故障后，操作人员通过触摸屏故障诊断画面，能够直接查看到故障原因，不需要操作人员或技术人员依据个人经验进行复杂的分析判断。

2）系统组成。系统由故障诊断主画面，行走故障诊断、旋转故障诊断、俯仰故障诊断、输送带故障诊断、斗轮故障诊断五个子画面构成。哪个系统出现故障，在主画面上直接单（双）击相应按钮即可转入故障诊断分画面，图1为故障诊断主画面。

3）设计思路。借助现有的触摸屏，实现PLC程序连锁条件的显示，通过显示状态的变化判断设备故障点，新增一套设备故障诊断系统。系统分公共部分、行走系统、旋转系统、俯仰系统、臂输送带系统等

多个画面。每一分画面包含多个状态显示框和其注释，包含了 PLC 程序中相应动作全部的连锁条件。如行走部分，包含行走空开、限位、锚固限位、电缆过紧、中控连锁、变频器投入、卷筒投入等多个条件。当条件满足时，相应的状态框显示绿色，全部状态框都显示绿色时，表示设备正常。当设备有故障如不能行走时，不满足条件的状态框变灰，框内同时显示相应的 PLC 输入地址号。直接查找相应的地址和外围线路元件即可，故障原因查找一目了然，便于操作人员迅速查找设备故障原因，减少故障处理时间。实现这一功能主要的工作是需要分析 PLC 梯形图控制程序，找出每一个系统的所有连锁条件，最终确定到输入点和对应的 PLC 输入地址。

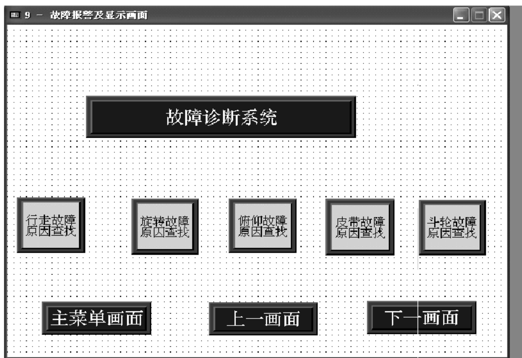


图　1

在画面右侧是输出状态显示，指示框关联 PLC 程序输出地址，绿色为程序有输出，设备运转。通过此画面可以判断电气有无故障，如果程序有输出，但设备不动作，可以判定控制系统正常，多数为传动执行机构故障。

图 2 为取料机行走故障诊断系统，从图中可以看到状态框多数为状态正常；只有行走变频器为灰色，同时显示地址号 100103，表示变频器有故障，行走不动作，输出为灰色，直接查变频器即可。其他系统的画面及原理与此类似。

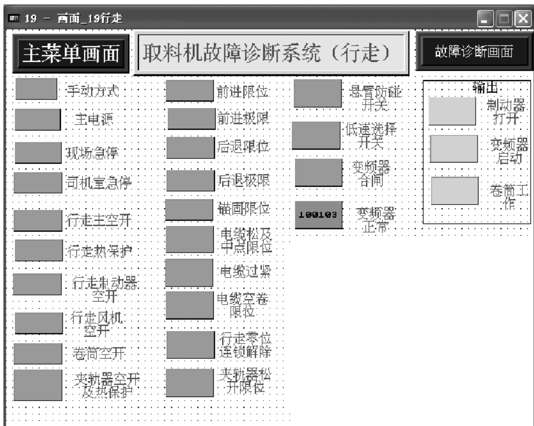


图　2

4）编程调试。触摸屏程序在上位机离线编完后，需要在线调试、下载应用到触摸屏内存中。下载之前必须先单（双）击编译按钮，由软件进行编译检查，编译无错误方可下载，单（双）击下载应用按钮即可。上位机和触摸屏连机时使用 COM1 口，需要将触摸屏后的 SW5 拨码开关打到 ON 位置，即使用触摸屏硬件的通信参数与 PLC 通信。设置通信参数为波特率 9600，资料位 8BITS，偶校验，停止位 1BIT。

3　结束语

触摸屏故障诊断系统投入使用后，经过半年的运行，操作人员普遍反映设备智能化大大提高，故障初步诊断一目了然。尤其的新操作人员感觉设备更易于操作，缩短了掌握技能的时间，减少了故障查找的时间。投入使用后维修人员未接到一起故障处理的通知，设备故障率大幅下降，收到了良好的效果。这一设计思路是触摸屏应用的一个创新，实现了触摸屏和 PLC 控制程序的紧密结合。下一步，准备在其他设备上进行推广完善，当然这种设计方法对行业内的设备也有借鉴意义。

油漆车间风机振动故障分析与处理

王　平
（201206　上海通用汽车有限公司）

摘　要：悬臂风机稳定运行6年后，悬臂轴承测点振值超出标准，进一步频谱分析风机振动频谱，及时找出异常振动根源并进行设备调整，避免了可能的长时间停机。

关键词：风机　振动　频谱分析　松动

1　引言

2012年10月油漆车间风机振值逐渐增加，超出企业振动标准。该设备为车间的关键供风设备，如发生故障会造成车间停产4～5h，严重影响产量。设备电动机为变频电动机，电动机实际转速为1388r/min，风机转速为713r/min，风机和电动机之间是带传动，风机轴承为滚动轴承。根据监测记录，该设备子2012年10月开始，振值逐渐从4mm/s增加至15mm/s（表1）。

表1　风机振动情况 – 维修前　　　　（单位：mm/s）

日期 \ 测点	1V	1H	2V	2H	2A	3V	3H	3A	4V	4H	4A
2012－10－9	5.1	3.1	4.5	4.8	6.0	4.0	2.8	4.2	3.0	2.0	5.3
2012－12－10	6.3	4.0	4.5	5.2	3.5	5.0	4.2	6.0	3.8	2.6	6.9
2013－1－14	9.1	10	7.3	7.2	4.7	6.7	10	11	6.6	7.2	11
2013－1－15	11	11	7.5	7.5	6.9	7.4	11	14	7.5	8.1	9.9
2013－1－17	13	12	8.9	8	6.4	8.1	13	15	7.7	9.0	12
2013－1－18	14	13	9.5	7.8	6.4	8.3	13	15	9.7	8.8	13

2　分析

1）设备结构及测点布置（图1、图2）。

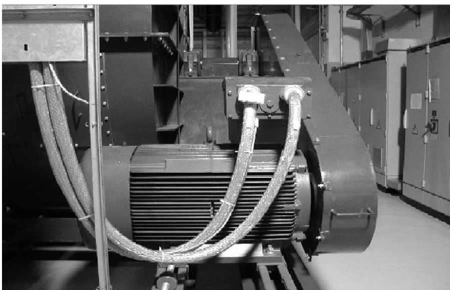


图　1

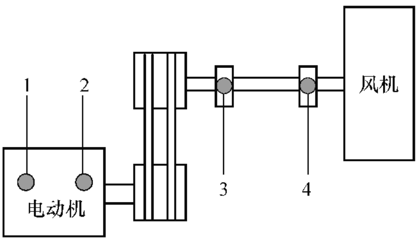


图2
1～4—测点

2）振值分析。从趋势上看，2012年10月至2012年12月期间，设备运行平稳，2012年1月开始各点振值开始变化并部分超出标准，此时公司状态检测小组增加了检测频次，发现振值变化很快，设备状态急

剧恶化，车间存在停机风险，为避免停机风险，公司状态检测小组及时向车间提出了报警，并就设备故障的根本原因进行了分析。

3）频谱分析。从表1中可以观察到，高振值集中在1点、3点、4点，所以主要关注1V、3A、4A 3个测点的频谱信息，其他测点频谱信息不再赘述（图3、图4、图5）。

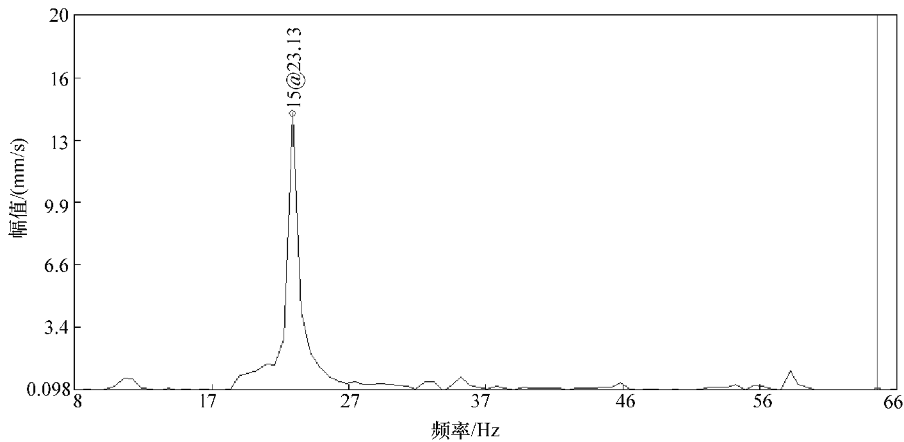


图3　测点1垂直方向速度谱

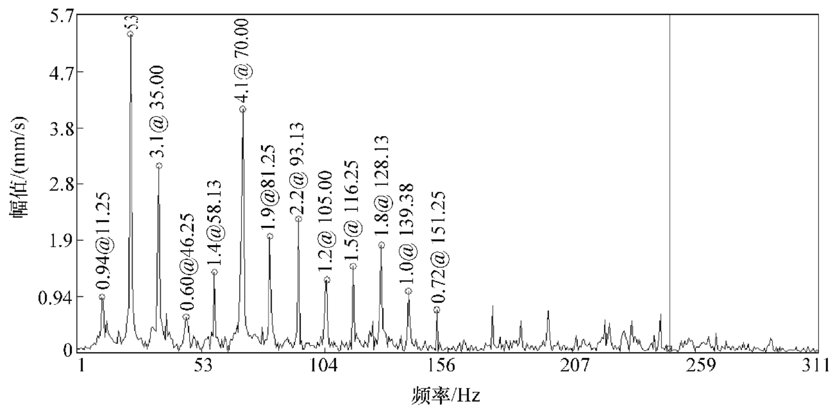


图4　测点3轴向速度谱

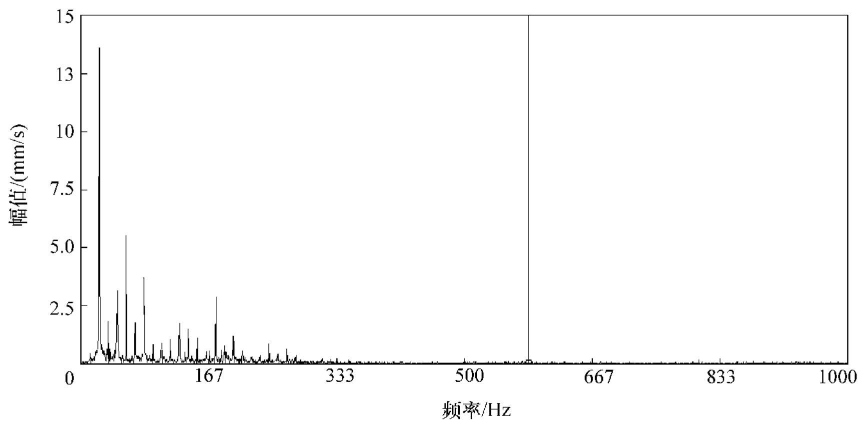


图5　测点4轴向速度谱

从频谱上看，1 点的频谱能量主要集中在电动机的 1 倍频，为 23.13Hz，振动测量值为 15mm/s，不平衡信号较为明显；3 点和 4 点的频谱主要是风机转速的倍频，松动的信号比较明显。

3　结论

结合设备以往的运行情况和现场检查的状态来看，单纯叶轮失去平衡的可能性不大，且 3 和 4 点的频谱信号可知：设备除了不平衡外，还存在着松动，且两者相互作用、相互影响。因此可以认为设备振值上升的原因有两个：①轴承松动；②不平衡。

基于上述判断，建议车间：①检查风机轴承部位张紧状态；②检查叶轮状态，考虑到轴承松动严重时有可能会出现抱轴，所以还建议车间必要时可更换轴承总成。

4　处理措施及验证

2013 年 2 月 16 日，油漆车间利用春节停产时间更换了风机两端的轴承总成，更换后设备振值恢复正常。后期车间维修将轴承总成拆开，发现 3 点、4 点轴承的轴承张紧套均已锈蚀并磨损，由此进一步验证了对于轴承松动的判断（维修前后振值对比见表 2）。

表 2　风机振动情况 – 维修后　　（单位：mm/s）

测点 / 日期	1V	1H	2V	2H	2A	3V	3H	3A	4V	4H	4A
2013 – 1 – 18	14	13	9.5	7.8	6.4	8.3	13	15	9.7	8.8	13
2013 – 2 – 16	2.5	2.0	1.9	1.8	3.4	1.7	1.5	1.6	1.1	1.1	2.1

西门子 6SE70 变频器在热轧带钢传动控制中常见问题分析

朱建强　常茂斌　吴小平　徐亚军　张　敏
（276806　日照钢铁有限公司）

摘　要：结合日照钢铁有限公司 1580 带钢厂传动控制中 6SE70 系列变频器的使用情况，重点介绍了系统的整体组成、结构特点及几个典型应用，从应用角度对日常使用中常见问题进行了分析。
关键词：西门子　变频器　系统组成　应用　问题分析

1　引言

日照钢铁有限公司 1580 热轧带钢厂是 2006 年底建成投产的一条宽带钢热轧自动化生产线，年产各种规格合格热轧卷板 300 多万 t。该条生产线的交直流传动装置全部采用西门子公司产品，其中生产线立辊和飞剪传动采用 6RA70 直流调速装置；辅传动系统根据现场控制要求全部采用西门子 6SE70 交流调速装置。全线配置 6SE70 变频器 68 套，总装机容量 22637kW。共设计了 6 段整流回馈供电母线分区域实现多台变频器对现场电动机的交流变频调速控制，很好地满足了现场设备的运行要求，为主轧线的生产提供了有力的保障。

2　概述

在该生产线使用的西门子 6SE70 变频装置在单段整流回馈供电母线下可实现多台电动机同时变频调速运行，如图 1 所示。使用多台负载和速度经常变化的电动机，通过挂在分段直流母线上的逆变器，实现对现场电动机的变频调速控制。这种设计方案有以下优点：

1）当多台电动机同时工作，有的处于电动状态，有的处于制动状态时，处于电动状态的与处于制动状态的逆变单元可通过直流母线交换能量，从而减少整流回馈单元的装机容量。

2）多台逆变单元共用一台整流回馈单元，可节省设备投资和安装空间。

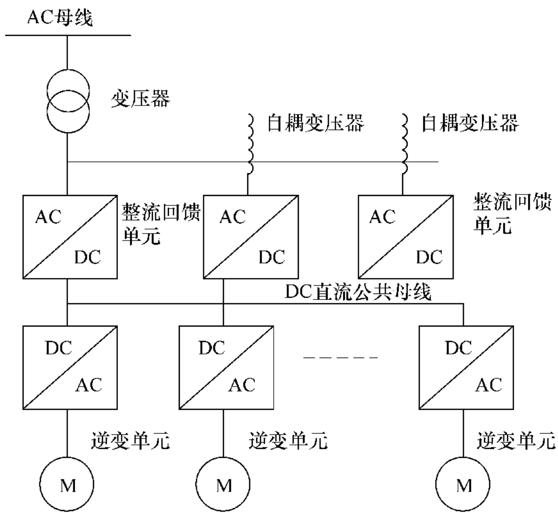


图 1　带 3 个整流回馈单元及直流母线的变频器系统框图

由于辅传动电动机容量都在 1000kW 以下，比较适合采用 IGBT 器件的 6SE70 系列通用变频器 + 交流

异步机方案。通用变频器的特点是功率器件采用 IGBT、主回路采用两电平 PWM 工作方式、控制采用 U/f 比控制或矢量控制，如图 1 所示。

各逆变器的速度给定、控制命令、状态反馈、数据反馈（电流、速度实际值）通过 Profibus 总线和所在区域的 PLC 交换数据完成。

结合日照钢铁 1580 热轧线具体设备情况谈谈 6SE70 变频装置在交流调速系统使用当中出现的问题进行分析及解决方案。

3 典型应用方案

主轧线使用的 68 套西门子 6SE70 系列变频装置其系统主要有以下几部分组成：

（1）进线变压器　进线变压器的作用是：把进线电压转换为整流单元所需要的电压，再通过一定的短路阻抗保护整流单元的二极管元件，以及限制电源侧谐波对变频器的干扰及变频器侧谐波对电网的干扰。在电网电压与变频器所需电压接近的情况下，进线变压器可用进线电抗器替代。

（2）整流单元　对于带回馈功能的整流单元需要采用晶闸管元件组成可控整流电路，以便在回馈单元工作时，使整流单元处于封锁状态，并避免在整流单元和回馈单元之间出现环流故障。

（3）逆变单元　逆变单元将整流后的直流电压转换为电压和频率均可变化的交流电，并送给交流电动机以实现变频调速。逆变单元的功率器件采用 IGBT，且采用两电平 PWM 调制方式。

（4）制动单元　由于机械设备制动时，逆变单元将电动机的机械能量回馈到直流侧，并存储在电容器上，这会造成电容器上的电压上升。当回馈的能量较大时，由于电容器没有放电回路，电容器上的直流电压会过高，严重时会造成二极管、IGBT 和电容器的损坏。因此，对于经常处于制动状态的调速系统，要增加制动单元以放掉电容器上过多的能量。制动单元工作原理就是可控电阻能耗制动，即通过一定开关频率脉冲使能量消耗在电阻上。对于不频繁起制动的系统，可不用制动单元。另外，对有回馈单元的系统也不用制动单元。

（5）回馈单元　对于频繁起制动的系统，采用回馈单元可以把直流母线上的多余能量逆变为交流电回馈到电网上，并可保证系统响应的快速性。回馈单元一般由三相全控晶闸管整流（逆变）桥构成，当直流母线电压超过一定值时，三相全控晶闸管桥进入逆变工作状态，并将直流电逆变为交流电，再经自耦变压器回馈至电网。回馈单元和整流单元必须进行互锁，即两者不能同时工作。因此，有回馈单元时，整流单元必须是可控元件。

（6）自耦变压器　由于回馈单元是在直流母线电压比正常值高一定值时才起作用，为使回馈电压与进线电压相匹配，必须把回馈单元的逆变电压降低一定值；而自耦变压器的作用就是可将逆变电压降低 15% ~20% 后回馈给电网。

（7）直流母线　当在一个区域内有多台电动机同时调速时，该系统均采用直流母线供电方式，并由多台整流单元向母线供电，而直流母线可带多台逆变器运行。整个轧线按区域分布共有 6 段直流母线供电，每段母线均有 3 台整流回馈单元，并按 1 主 2 从配置为母线提供直流电源。

1）粗轧 2 个压下电动机主从控制：粗轧机 2 台压下电动机均为 200kW，380V 三相异步电动机，正常生产时每道次摆辊缝时两侧电动机需同步起停。当两侧需调平时通过离合器将两侧连接轴断开，可单调一侧辊缝，即对单侧压下电动机实施调速控制。正常生产时的同步控制就是对 2 台 6SE70 变频器进行主从控制参数设置，2 台装置通过 SLB 选件板完成各种装置间数据的快速传输。一台变频器作为发射端，另一台变频器作为接收端，并通过 SIMOLINK 环的控制协议来保证两台变频装置按一个公共节拍同步工作，从而来实现 2 台压下电动机的同步主从控制。

传动侧和操作侧电动机可通过离合器连轴，并将传动侧逆变器 NA12 的 P601 参数配为 B3104，PLC 可以决定是否打开离合器；NA12 的 P590 参数也配为 B3104，这样在打开离合器时，传动侧、操作侧电动机可以单独控制，而闭合离合器后可采用主从控制。

粗轧 2 台压下电动机变频器系统组成是由第二段直流母线为变频器提供电源，其中 3 台 800kW 西门子整流回馈/单元，按主从控制结构提供给第二段母线 540V 直流电。由逆变单元为压下电动机提供 380V 交流电，自动化系统由西门子最新一代多 CPU 的 TDC 控制，来完成 2 台压下电动机的各项功能。从操作台发

出的运行命令经操作台 ET200 站，由 Profibus – DP 通信网络传送给控制器 TDC310，而 TDC310 与 2 台压下 6SE70 变频器经 Profibus – DP 网络实时交换数据，保证了现场设备的有效运行。

2）卷取机利用 6SE70 变频器与 T400 专用卷绕软件的配合控制。在轧线卷取区域对 2#卷取机控制系统利用 6SE7042 – 3WN60 2300kW 型号变频器，并配以专用带卷绕软件的 T400 工艺板来控制 1 台 900kW 三相异步电动机，实现了对带钢卷取的恒张力、恒线速度控制，并保证了带钢的良好卷形，该控制方式先进科学，应用效果明显。

通过对 T400 参数和 TDC 程序的开发，解决了头部卷形塔形和卷径计算误差的问题；并使卷取机的卷形有了很好的改善，有效避免了卷取塔形的出现，提高了产品质量。TDC 控制器通过变频器上的 CBP2 通信板发送给 T400 板控制字。再通过这些控制字，TDC 控制逆变器完成对 900kW 卷筒电动机的起/停、建张、张力给定、速度给定等控制。TDC 控制器通过接收 T400 板的状态字，可明确逆变器当前的状态，并将实时数据传送到操作台 HMI 画面。

4　常见问题分析

1）卷取区 2 号下夹送辊选用 6SE7036 – 5WK60 630kW 变频器控制 1 台 350kW 电动机，由第六段整流回馈母线供电。在正常生产过程中，装置报 F011 过电流故障停机。针对此现象值班电工把动力线拆下，首先对现场电动机进行摇测绝缘，发现现场下夹送辊电动机绕组接地。后查看运行曲线，电流相比 1#机下夹送辊大了很多，用测温枪测电动机局部温度，达到 76℃。同时有一点烧焦的气味，确认装置报过电流是现场电动机接地引起。事故后，对下线故障电动机检查，发现灰尘很多，这些致使电动机绝缘能力降低，且长期运行造成了损坏。

2）卷筒在卷钢的过程中，第六段整流回馈装置报 F031、F034、F103 故障停机。该段整流回馈母线是 1 主 2 从整流柜结构，共由 3 台 1100kW 整流回馈单元提供直流电。检查整流装置发现 2#从柜 V14 V16 V12 V24 V21 V23 V25 阳极与阴极之间击穿，V24 门极电阻降为 0.3Ω，其他门极电阻正常（10Ω 左右），测试 V24 和 V21 阻容吸收各有损坏。分析原因是 2#整流回馈单元从柜功率板损坏造成了回馈误触发，使晶闸管阳极与阴极之间被击穿损坏。后经过对脉冲触发线进行改造，更换功率板，消除了故障。

3）正常轧钢生产时，第三段整流回馈母线上整流装置突然报 F034 故障，造成装置停车出废钢。根据原来此类故障解决措施，首先断电，测试晶闸管阳极和阴极之间、门极和阴极之间阻值是否都在允许范围内；然后将 2#从柜 PCB – 功率接口板抽出，对晶闸管触发线、互感器触发线、熔断器检测线进行检查，没发现问题。迅速恢复后运行正常，但正常带负荷运行 7h 后又突然报同样的故障。经分析可能因素后，更换 1#从柜的 PCB – 功率接口板，处理完后运行正常。而这次正常运行 6h 后又报同样的故障。重点检查主柜功率接口板的晶闸管触发线、互感器触发线、熔断器检测线，并没发现问题。甩掉 1#从柜单独空载运行，主柜和 2#从柜正常，但轧钢时报同样的故障；甩掉 2#从柜单独空载运行，主柜和 1#从柜正常，轧钢时也是报同样的故障。综合以上处理过程，基本判定主柜存在问题。决定更换主柜的功率接口板和 CUR 板，恢复后一直正常运行。该段直流母线由 3 台 800kW 整流回馈单元按 1 主 2 从的结构模式供电运行，报故障后问题较复杂，处理难度较大。利用主从结构的替换运行方式可快速判断故障，不失为一种较方便的处理办法。

4）轧线正常生产中，2#卷取机报 F029 故障（测量值传感器发生故障）不能转车，值班电工故障复位后发现复位不掉。随后对变频器进行处理。经过分析引起此故障的原因有可能有：在测量值检测系统中的故障、功率部分故障、CUVC 单元故障。针对以上原因逐一排除，首先检查电流互感器和功率单元的电力电子器件 IGBT，经过排查没有发现异常情况。经过逐一排除，最有可能引起此故障的原因就是 CUVC 电子板损坏。随后更换 CUVC 电子板，下装参数。下装完成后转车发现速度升不上来，对参数检查发现部分参数不对，怀疑部分参数在下装过程中丢失，又将参数重新下装了一边，发现还是有部分参数错误。仔细研究参数后发现电子板功率部分需要重新定义，对电子板重新定义后将参数下装后，变频器恢复正常使用。

5）主轧线正常生产中 1#卷取机报 F027 故障（电动机或变频器 W 相短路或接地），电气人员复位后检查没有发现异常的情况，电流等都很稳定正常。随后，通知操作台转车观察电流和变频器没有异常后正常轧钢。在轧制 20min 后再次报 F027 故障废钢，立即将变频器的连接母排拆除单机生产并讨论方案准备处理。经过分析出现此故障可能有以下几种原因：①卷筒主电动机绕组接地。②变频器触发电子板损坏。③

变频器的 IGBT 损坏。④电缆有击穿的地方。

针对以上原因逐一排除，首先用 1000V 的摇表测量电动机和电缆排除了电动机接地和电缆击穿的可能。最有可能的就是电子板或者是 IGBT 损坏，由于 IGBT 不能更换，只更换电子板不能确保故障排除。经过论证最终确定更换变频器，由于控制柜是一主一从的连接方式，不能完全判定是哪一个逆变器出的故障只能将两个逆变器全部更换。经过 9h 的处理系统恢复正常。后经分析事故原因归纳为三个方面：一是脉冲功率单元的使用周期过长；二是卷取机电流偏大也是造成此次事故的原因之一；三是电气室温度和湿度较大，加速了元件的老化也是造成本次故障的原因之一。

5 结束语

通过对西门子 6SE70 系列变频器在热轧带钢生产线辅传动控制系统中的应用，以及常见故障处理分析，与同行以交流，谨希望能对西门子 6SE70 系列变频装置有更多的熟悉和了解，对从事日常电气设备维护工作有所帮助，更好地做好设备维护，为生产提供更好的服务。

参考文献

[1] 天津电气传动研究所．电气传动自动化技术手册［M］．2 版．北京：机械工业出版社，2005.

基于归一化复杂度的往复式压缩机排气阀故障诊断

董作一　王华庆

（100029　北京化工大学机电工程学院）

摘　要：应用基于非线性复杂测度的往复压缩机诊断方法，并通过计算并比较信号的归一化复杂度这一指标，判断设备的运行状态是否正常。以某往复压缩机气阀的四种典型故障为例，对实验数据进行分析，验证了该方法识别往复压缩机排气阀工作状态的有效性。

关键词：往复压缩机　故障诊断　复杂度

1　引言

现代科学技术的日益进步使得机械设备结构逐渐复杂，且各部位之间的联系更加紧密。一旦某一零件发生故障，往往会造成整台设备无法正常运行，而且频繁的故障和较长的检修时间常常造成巨大的经济损失和人员伤亡事故的发生[1]。往复压缩机是工业上应用面非常广的一种重要通用机械，其故障诊断比较复杂，对于其故障诊断技术的研究一直以来都得到了国内外学者的广泛关注[2]。在大型往复压缩机中，环状气阀使用最为普遍[3]。气阀工作状态的好坏，是压缩机技术发展的核心问题之一，往复压缩机有60%以上的故障，发生在气阀上。而气阀故障引起的停机次数，占总停机次数85 %以上[4]。

对于旋转机械，其原理和结构相对简单，通过计算频谱即可对各种故障进行诊断，研究方法也较为成熟。对于往复类机械，由于其结构复杂，运动部件多，造成脉冲信号非常丰富，且不易找出相应的故障特征频率，所以很难从频谱上诊断其故障[5]。本文通过实测压缩机在正常情况下和故障情况下的振动信号，运用复杂度理论对排气阀的不同故障进行分析，预判一些常见的排气阀故障，为排气阀故障预警提供了有效方法[6]。

2　归一化复杂度方法介绍

计算复杂度首先要求取时间序列的平均值 x_p，用序列 S 表示重构后的时间序列。其中

$$S(i) = \begin{cases} 0 & x(i) < x_p \\ 1 & x(i) \geq x_p \end{cases} \tag{1}$$

得到时间序列 $S(i)$。

$S(i)$中已有的一个子串 $S=(S_1, \cdots, S_n)$，后再加一个字符 $Q=S_{n+1}$，或一串 k 个字符 $Q=(S_{n+1}, \cdots, S_{n+k})$，得到符号序列 $SQ=(S_1, \cdots, S_n, \cdots, S_{n+k})$，令 SQV 是这一字符串 SQ 减去最后的一个字符，即 $SQV=(S_1, \cdots, S_n, \cdots, S_{n+k-1})$，再看 Q 是否属于SQV 字符串中已出现过的子串。如果存在，那么把 Q 加在后面称之为“复制”，这时，可以把 Q 延长，就是增加 k，然后重复上面步骤，直到 Q 不在 SQV 中出现过为止。如果没有出现过称之为“插入”这时用一个“・”记号放在 Q 后。下一步把“・”前面的所有字符看成 S，再重复以上步骤直到序列结束。既得到一个用“・”分成段的字符串，段数即为“复杂度”$c(n)$。Lempel 和 Zip 的研究表明，对几乎所有的复杂度都会按概率为一趋向一个定值：

$$\lim_{n\to\infty} c(n) = b(n) = \frac{n}{\log_2 n} \tag{2}$$

所以 $b(n)$是序列渐近行为，因此可用它来使 $c(n)$归一化，成为相对的复杂度。即

$$C_{LZC} = \frac{c(n)}{b(n)} \qquad 0 \leq C_{LZC} \leq 1 \tag{3}$$

当样本数量 n 足够大时，式（3）才能成立，根据经验[7]，当 $n \geq 3\,600$ 时，计算所得到的 C_{LZC} 值才趋于稳定。因此在数据采集时，应尽量使数据更长，这样更有利于分析。如果数据样本较少时，应该保证样

本长度不低于 3600 个点，这样才能保证 C_{LZC}值计算的准确性和有效性。

前人研究表明，随机序列的 C_{LZC}为 1，而周期序列的 C_{LZC}随样本长度的增加逐渐趋于 0，其余信号的 C_{LZC}介于 0、1 之间，所以也可以认为 C_{LZC}所度量的是时间序列与随机序列接近的程度[8]。

在工程实践中，往复压缩机振动信号的变化规律会随着机组状态而发生规则性和周期性变化，不同故障状态及不同程度的机组故障，信号波动规律复杂程度不同。因此从这个意义上来说，归一化复杂度指标可以作为描述往复压缩机不同故障状态的一种新手段[9]。

3 对基于归一化复杂度方法的往复压缩机排气阀故障诊断的验证

利用实验室某往复压缩机分别模拟排气阀弹簧失效早期、排气阀弹簧失效晚期、排气阀阀片变形、排气阀阀片损坏中期四种故障状态及正常状态。在排气阀处放置振动加速度传感器，利用数采仪器分别测得五种状态下的振动信号。每种状态测量 18 组数据，采样频率为 10240，每组采样时间为 0. 5s。因此每组数据点数为 5120，大于理论要求值 3600。根据文献[9，10]介绍，噪声的存在会使时间序列复杂度偏高，为了减少噪声的干扰，采用经典的小波阈值降噪法对往复压缩机振动数据进行预处理。对降噪后的数据计算其归一化复杂度，并将各状态下的归一化复杂度绘制成曲线图如图 1 所示。

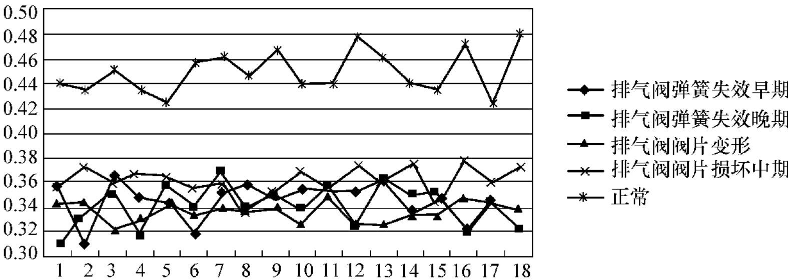


图 1　不同状态下往复式压缩机排气阀信号归一化复杂度曲线图

由图 1 中曲线可以看出，正常状态与故障状态曲线偏离明显，故可证明该种方法能够有效判断往复式压缩机排气阀运行状态是否正常。

4 结论与展望

本文通过计算往复压缩机排气阀归一化复杂度这一指标，并观察各状态下的归一化复杂度曲线图可以得出：虽然四种故障状态的曲线较为接近，甚至有交叉和重叠现象，故难于直接通过归一化复杂度这一指标判断出往复压缩机排气阀的故障原因。但是正常状态的归一化复杂度曲线与故障状态下的曲线有较大差距，因此归一化复杂度可用于定性判断往复压缩机排气阀的工作状态。此外，归一化复杂度还可作为往复压缩机排气阀故障预警的一个指标，可设定阈值为 0. 39 ~ 0. 40。当往复压缩机运行时，排气阀的归一化复杂度一旦低于此值则立即报警；当停机检查排气阀故障，都具有一定实际意义。

今后工作方向在于进一步研究不同种类故障类型的归一化复杂度的差别，以求利用这一指标能够具体判断往复压缩机气阀的具体故障原因。

参 考 文 献

[1]　程艳霞，铁占续，孙付伟，等 . 往复式压缩机故障诊断方法研究综述 [J]. 仪器仪表用户，2006 (13)：2 – 4.

[2]　王发辉，刘秀芳，程艳霞 . 往复式压缩机故障诊断研究现状及展望 [J]. 制冷空调与电力机械，2007 (2)：77 – 80.

[3]　马波，申大鹏，李刚 . 往复压缩机气阀故障分析及诊断实例 [J]. 压缩机技术，2012 (2)：51 – 53.

［4］　沈庆根，郑水英. 设备故障诊断［M］. 北京：化学工业出版社，2007.
［5］　杨国安，钟秉林，黄仁，等. 机械故障信号小波包分解的时域特征提取方法研究［J］. 振动与冲击，2001（2）：25－31.
［6］　李庆，戴凌汉，李旭朋. 往复式压缩机气阀故障分析与诊断［J］. 现代机械，2008（4）：29－30.
［7］　Hong H，Liang M. Fault severity assessment for rolling element bearings using the Lempel－Ziv complexity and continuous wavelet transform［J］. Journal of Sound and Vibration，2009（320）：452－468.
［8］　沈恩华. 脑电的复杂度分析［D］. 复旦大学，2004.
［9］　唐友福，刘树林，刘颖慧，等. 基于非线性复杂测度的往复压缩机故障诊断［J］. 机械工程学报，2012（3）：102－107.
［10］　陈志新，徐金梧，杨德斌. 基于复小波块阈值的降噪方法及其在机械故障诊断中的应用［J］. 机械工程学报，2007（6）：200－204.

滚动轴承外圈故障的显式动力学仿真与振动特征分析

崔 静 王华庆
（100029 北京化工大学机电工程学院）

摘 要：为研究带有微弱故障的滚动轴承运转及振动特点，应用 ANSYS/LS－DYNA 软件建立了滚动轴承常见的外圈故障有限元模型。该模型以显式算法为基础，在充分考虑轴承转速、负载、接触及摩擦的条件下，成功地对滚动轴承外圈故障进行了仿真分析。并提取故障轴承的位移信号进行频谱分析，实现了故障轴承的诊断。仿真结果表明：轴承外圈滚道不同位置节点的振动响应均能体现故障特征频率；位移响应在经过频谱分析后能找到故障特征频率。

关键词：滚动轴承 外圈故障 动力学 振动特征

1 引言

滚动轴承是各种旋转机械中最常用的通用零部件之一，也是旋转机械易损件之一。据统计，旋转机械的故障有 30% 是轴承故障引起的，轴承的好坏对机器的工作状况影响极大[1]。滚动轴承的主要损坏形式包括：疲劳、磨损、腐蚀、电蚀、塑性变形、断裂和开裂等[2]，其中 90% 的故障发生在内圈和外圈上。目前对于轴承故障的研究主要集中在轴承的检测和诊断上，即利用数据采集系统及信号处理技术[3,4]提取轴承损坏元件的特征频率，以达到对轴承故障进行预测的目的。近年来，随着计算机技术的发展，用有限元软件模拟轴承在故障状态下的受力情况成为可能[5,6]。本文以显式算法为基础，应用 ANSYS/LS－DYNA 软件对滚动轴承常见的外圈故障进行仿真，并运用 FFT 变换对模型的振动信号数据进行频谱分析。分析结果表明，故障轴承的有限元模型比较符合实际情况，仿真结果对研究轴承故障机理及寻找轴承故障特征有一定的指导作用。

2 轴承故障诊断基础知识

当滚动体和滚道接触处遇到一个局部缺陷时，就有一个冲击信号产生。缺陷在不同元件上，接触点经过缺陷的频率是不相同的，这个频率就称为冲击的间隔频率或特征频率。在外圈固定，内圈与轴一起旋转的情况下，假如外圈滚道上有一处局部缺陷，则两种金属在缺陷处相接触时的冲击间隔频率可由式（1）计算得出：

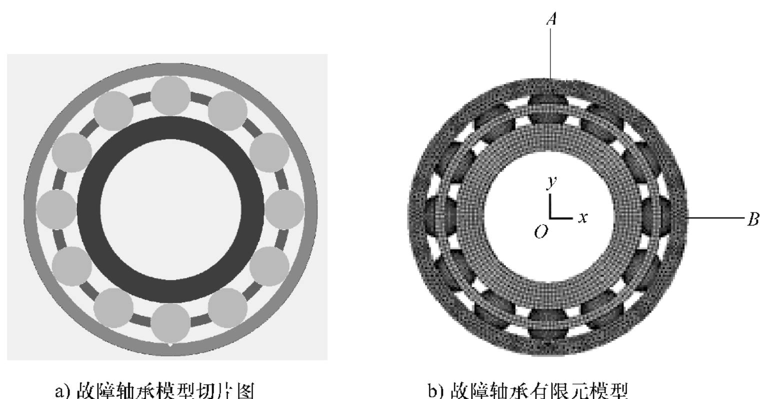
$$f_e = n/(2\times 60)\times(1-D_b/d_m\times\cos\alpha)\times z \tag{1}$$

式中，n 为内圈转速（r/min）；D_b 为滚动体直径（mm）；d_m 为滚动体中心圆直径（mm）；α 为接触角角度。

本文选用的仿真轴承是 6205 深沟球轴承，其基本尺寸参数如下：内径 25mm，外径 52mm，轴承宽度 15mm，滚动体直径 7.94mm，滚动体个数 12，滚动体中心圆直径为 40.38mm。假设轴承在工作中受压力载荷和转速载荷，转速 $n=3000$r/min，压力为 5kN。压力施加在内圈下半面刚性面上，转速施加在内圈刚性面上。根据轴承尺寸及载荷条件可知，外圈故障时，轴承的故障特征频率为 241Hz。

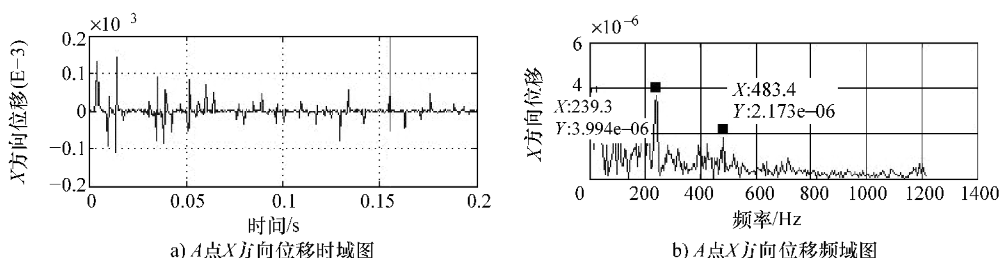
3 外圈故障轴承有限元仿真及分析

外圈故障设置为轴承外圈滚道上宽 0.4mm、深 0.3mm 的划痕，如图 1a 所示。网格划分采用扫略、映射和自由划分相结合的方式，划分后的模型如图 1b 所示。将分析时间设为 0.2s，输出步数为 500 进行求解。分别取外圈节点 X 向、Y 向（对应水平、竖直）位移信号进行 FFT 变换分析。选择的节点位置如图 1b 所示。



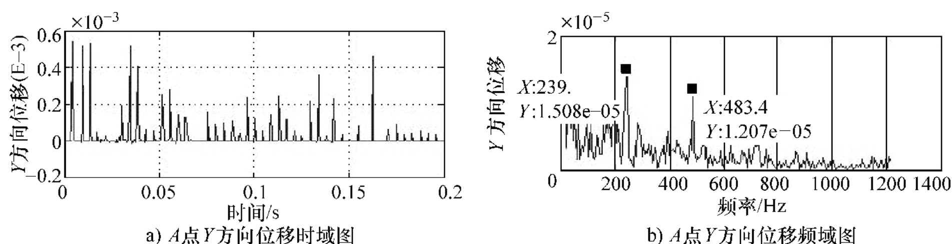
a) 故障轴承模型切片图　　b) 故障轴承有限元模型

图　1



a) A点X方向位移时域图　　b) A点X方向位移频域图

图　2



a) A点Y方向位移时域图　　b) A点Y方向位移频域图

图　3

如图1b所示，选取的A节点在竖直方向，B节点在水平方向上。分析A点X、Y方向位移时域图，可以发现位移信号具有明显的周期性冲击，因频域图2b及图3b中的239.3Hz与外圈故障特征频率241Hz极为相近，误差仅为0.7%，并存在明显的二次谐波成分483.4Hz，可以肯定为轴承外圈故障。对B点的位移振动响应信号进行分析，可得到类似的结论。A、B两点X、Y方向位移信号存在不同，A点Y方向信号仅存在正方向冲击，B点X方向信号仅存在正方向冲击，其他方向正负冲击同时存在。从幅值上看，A点Y方向信号幅值大于X方向的幅值，而B点X方向的幅值要大于Y方向的幅值。以上分析表明，在检测位置上竖直方向节点Y方向的信号比其他方向的信号所携带的信息要多，因此也更能体现故障特征；水平方向节点结果类似。

虽然两点的位移信号均可明显地反映故障特征，但信号幅值存在明显差别，B点的幅值要高于A点的幅值，这是因为它距离缺陷较近，信号在传递过程中的衰减较少。所以在位置的选择上，应尽量选择离缺陷位置较近的点。如果选择的点在水平方向，可以优先考虑选择其X方向位移信号，如果选择的点在竖直方向，可以优先考虑选择其Y方向位移信号。

4 结束语

本文应用 ANSYS/LS－DYNA 软件建立了滚动轴承常见的外圈故障有限元模型，并提取故障轴承的位移信号进行频谱分析，实现了故障轴承的诊断，对轴承故障检测能起到一定的指导作用。本文主要得出以下结论：

1）在进行 FFT 变换的情况下，从所提取的节点位移信号中能明显地找到故障特征频率。

2）由于时域信号是直接从有限元软件 ANSYS/LS－DYNA 中提取，不会受到噪声的干扰，用频谱分析方法能有效地识别滚动轴承故障。

3）有限元仿真采用的是参数化建模，对于不同型号、不同尺寸的轴承和轴承上不同大小的故障只需改变几个特定的参数，建模方便。因此，在现实中如需要不同型号的轴承或轴承上不同大小故障的轴承故障数据分析轴承故障特性，可以用有限元仿真的方法提取振动信号。

参 考 文 献

［1］ 钟秉林，黄仁．机械故障诊断学［M］．北京：机械工业出版社，2003.

［2］ 中国国家标准化管理委员会．GB/T24611—2009/ISO 15243：2004，滚动轴承损伤和失效术语、特征及原因［S］．北京：中国标准出版社，2004.

［3］ 高强，杜小山，范虹，等．滚动轴承故障的 EMD 诊断方法研究［J］．振动工程学报，2007，20（1）：15－18.

［4］ 明安波，褚福磊，张炜．滚动轴承复合故障特征分离的小波－频谱自相关方法［J］．机械工程学报，2013，49（3）：80－86

［5］ SHAO Yimin，Tu Wenbing，GU Fengshou. A Simulation Study of Defects in a Rolling Element Bearing using FEA［J］. International Conference on Control，Automation and Systems，2010.

［6］ Matej Tadina，Miha Boltez. Improved model of a ball bearing for the simulation of vibration signals due to faults during run－up［J］. Joural of Sound and Vibration 2011，330：4287－4301.

钛离心风机故障诊断及排除

刘尚才　胡　涛

（830022　宝钢集团新疆八一钢铁股份公司）

摘　要：介绍了冷轧厂酸再生机组使用的德国 FYMA 钛离心风机的典型故障诊断及排除。

关键词：酸再生　钛离心风机　典型故障

1　引言

冷轧薄板厂酸再生机组废气风机为进口德国 FYMA 的钛离心风机。该风机把炉气从焙烧炉抽出，并经过双旋风分离器、预浓缩器、吸收塔、第一级洗涤塔，同时把燃烧废气通过第二级洗涤塔和排气烟囱排出，使整个过程设备保持负压，以防止 HCl 气体泄漏出来。系统负压由电动机变频器来动态调节。风机叶片及气体清洗水从吸风侧喷入，以防止叶轮上沉积污物。清洗水量在流量计上调节。风机壳体为碳钢制作，内衬胶防腐，叶轮为钛合金制作。配有喷淋设备（用来向叶轮喷水）、底座和挠性联轴器。

2　现状及问题

废气风机开启，短时间内轴承座监测振动值不断增加（最高达到 12 mm/s），见表 1、图 1。

表 1　风机常见故障及维修

故障内容	产 生 原 因	消 除 方 法
通风机及电动机振动	通风机轴和电动机轴不同心或歪斜	进行调整，重新对心找正
	叶轮叶片腐蚀或磨损严重，或叶片有诸如铁锈、积灰等附着物导致叶轮不平衡；或在更换叶轮叶片后，叶轮不平衡	仔细检查及更换叶轮叶片，并重新进行动平衡校正
	联轴器安装错位或安装时有间隙	重新调整联轴器
	基础刚度不够或不牢固	加强基础
	地脚螺栓、机壳与支架或轴承底座螺栓松动	拧紧所有的螺栓
	通风机在不稳定工况下工作	调节通风机运行工况，使之在稳定区域工作
	叶轮轮毂与轴盘或流线罩与基盘的紧固螺栓松动	仔细检查并拧紧螺栓
	轴承安装不良或损坏引起机械振动	检修及更换轴承
	通风机进、出气管道安装不良而产生振动	检修进、出气管道

3　原因分析

1）监测数据，见表 2。从监测数据来看，该设备的整体振动幅值均有上升趋势，但 3#、4#测点的水平方向和垂直方向的振动幅值上升更为明显，振动比较大。

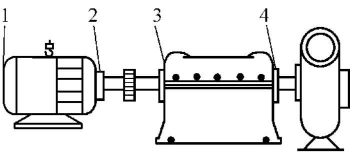


图 1　废气风机振动检测点分布

1 ~4—测点

表 2

1A 速度	0.498mm/s	2012－10－11 14：45：22	2A 速度	0.4681mm/s	2012－10－11 14：47：42
	1.3347mm/s	2012－10－22 15：08：19		1.456mm/s	2012－10－22 15：10：40
1H 速度	0.5777mm/s	2012－10－11 14：46：03	2H 速度	1.1753mm/s	2012－10－11 14：48：26
	1.1223mm/s	2012－10－22 15：08：55		1.2235mm/s	2012－10－22 15：11：22
1V 速度	1.3845mm/s	2012－10－11 14：46：47	2V 速度	1.3546mm/s	2012－10－11 14：49：12
	2.73mm/s	2012－10－22 15：09：46		3.6198mm/s	2012－10－22 15：12：13
3A 速度	0.3741mm/s	2012－10－11 14：48：47	4A 速度	0.4146mm/s	2012－10－11 14：51：39
	0.8392mm/s	2012－10－22 15：13：27		0.7583mm/s	2012－10－22 15：16：31
3H 速度	1.7594mm/s	2012－10－11 14：49：31	4H 速度	1.7391mm/s	2012－10－11 14：53：01
	3.8625mm/s	2012－10－22 15：14：35		4.004mm/s	2012－10－22 15：17：32
3V 速度	2.2952mm/s	2012－10－11 14：55：03	4V 速度	1.8402mm/s	2012－10－11 14：53：43
	5.1871mm/s	2012－10－22 15：15：32		4.9747mm/s	2012－10－22 15：18：37

注：A—轴向；H—水平；V—垂直。

2）时域波形和频谱分析，如图 2～图 5 所示。

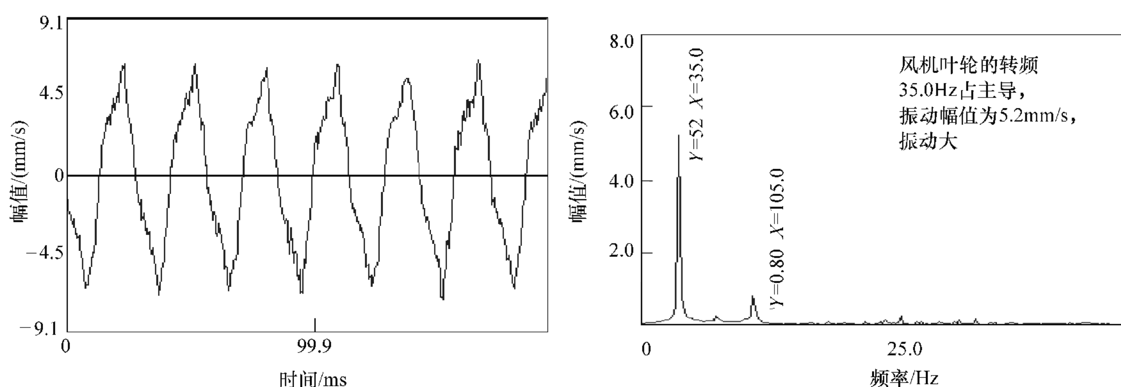


图 2　风机负载端 3 测点水平速度（3H 速度）（采样时间：2012－10－22 15：14：35）

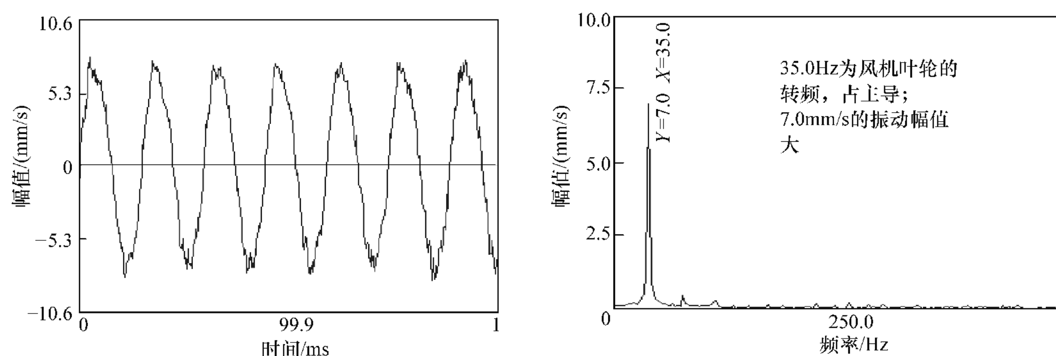


图 3　风机负载端 3 测点垂直速度（3V 速度）（采样时间：2012－10－22 15：15：32）

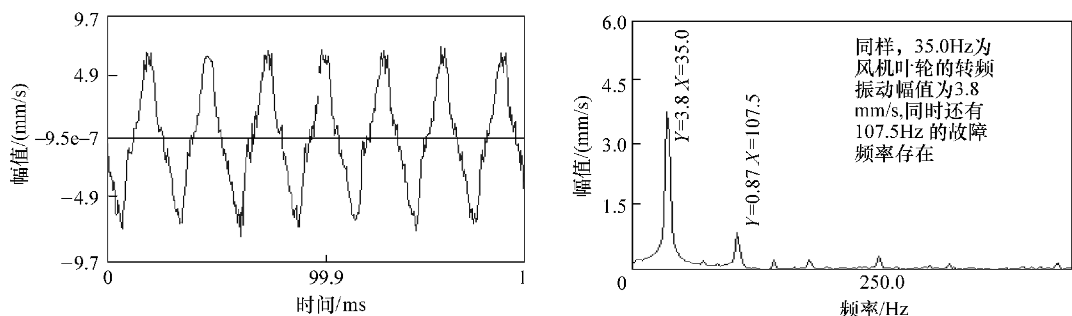


图4　风机自由端4 测点水平速度（4H 速度）（采样时间：2012 - 10 - 22 15：17：32）

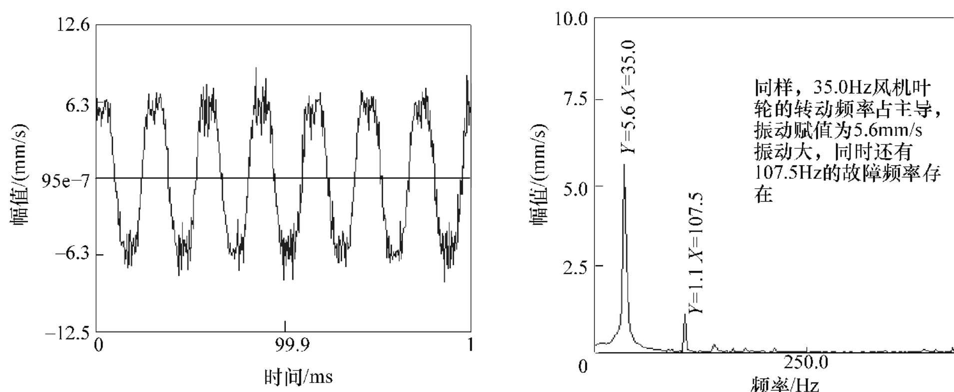


图5　风机自由端4 测点垂直速度（4V 速度）（采样时间：2012 - 10 - 22 15：18：37）

3）结论

从以上监测数据和频谱图分析，该设备的振动源在风机轴承座上。在风机轴承座的水平方向和垂直方向均以35. 0Hz 的风机叶轮的转动频率占主导，振动幅值大。由于风机机壳里面的介质是温度不等的酸雾、氧化铁粉等混合物，极易黏附在叶片内部边缘地带，造成旋转叶轮的不平衡量增加。

4　对策措施

停机，打开废气风机机壳上的观察孔，可以看到叶轮表面附着较多污物，其中叶片上的沉积物较厚，成沟壑型分布，最大厚度在1. 5cm 左右。将盐酸溶液喷洒在叶片附着物上，再利用铲刀清除软化的污物。

5　效果

废气风机故障排除后，轴承座温度保持在55℃左右，振动值最高3. 0mm/s，并呈逐渐下降态势。当电动机功率达到75%时，振动值稳定在1. 2mm/s 左右。

参 考 文 献

［1］　续魁昌. 风机手册［M］. 北京：机械工业出版社，1999.

［2］　辛田，王海波. 风机维修手册［M］. 北京：化学工业出版社，2010.

四轮定位仪 x－3Dprofile 激光传感器原理解析

张宗礼

（130012　一汽轿车股份有限公司）

摘　要：四轮定位仪是用来调整车辆定位角度，使汽车保持稳定的直线行驶和转向轻便，并减少汽车在行驶中轮胎和转向机件的磨损。其正确使用和维护对整车质量和性能至关重要。激光传感器是实现测量和运算的功能部件，也是四轮定位仪最核心的组成部分。结合德国杜尔公司四轮定位仪，对其选用的 Visicon 公司 x－3Dprofile 激光传感器的测量原理、使用维护和故障诊断作出初步解析。

关键词：四轮定位仪　x－3Dprofile 激光器　立体摄影

1　车辆四轮定位介绍

众所周知，四轮定位仪定位角包括前后轮前束角、前后轮外倾角、主销后倾角和主销内倾角。

四轮定位的作用是使汽车保持稳定的直线行驶和转向轻便，并减少汽车在行驶中轮胎和转向机件的磨损。由于各汽车生产厂家对四轮定位原设计的不同、制造的不同，使得各轮的各种倾角和前束值就各有不同，并且有可调部分和不可调部分之分。进行四轮定位就是通过四轮定位仪，检测出被测车辆的各轮倾角和前束值是否符合原厂标准，如不符合可作随机调整。

换句话说，当驾驶员感到方向转向沉重、发抖、跑偏、不正、不自动复位或者发现轮胎单边磨损、波状磨损、块状磨损、偏磨等不正常磨损以及驾驶时车感飘浮、颠颤、摇摆等不正常的驾驶感觉，行驶中转向盘不正或行车方向的跑偏现象出现时，就应考虑做四轮定位了。

2　四轮定位仪的基本构造

本文以申克检测线四轮定位仪设备为例，简要说明四轮定位仪的通用结构。图 1 为四轮定位仪机械结构，图 2 为四轮定位仪电气控制示意图。

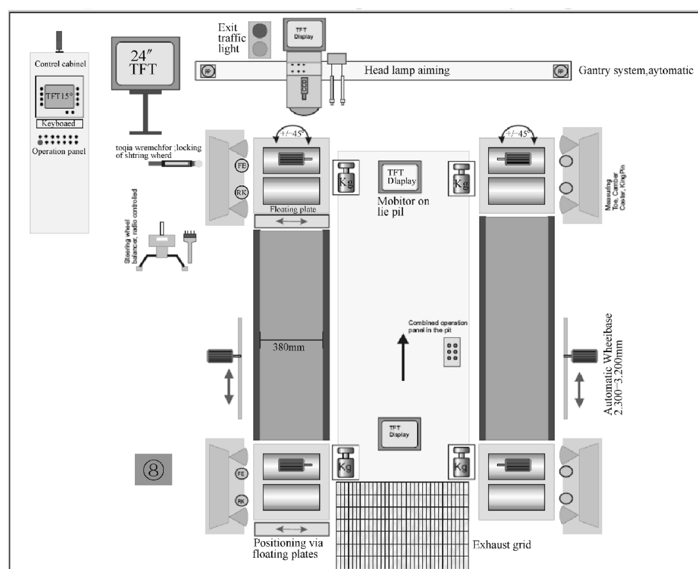


图 1　四轮定位仪机械结构

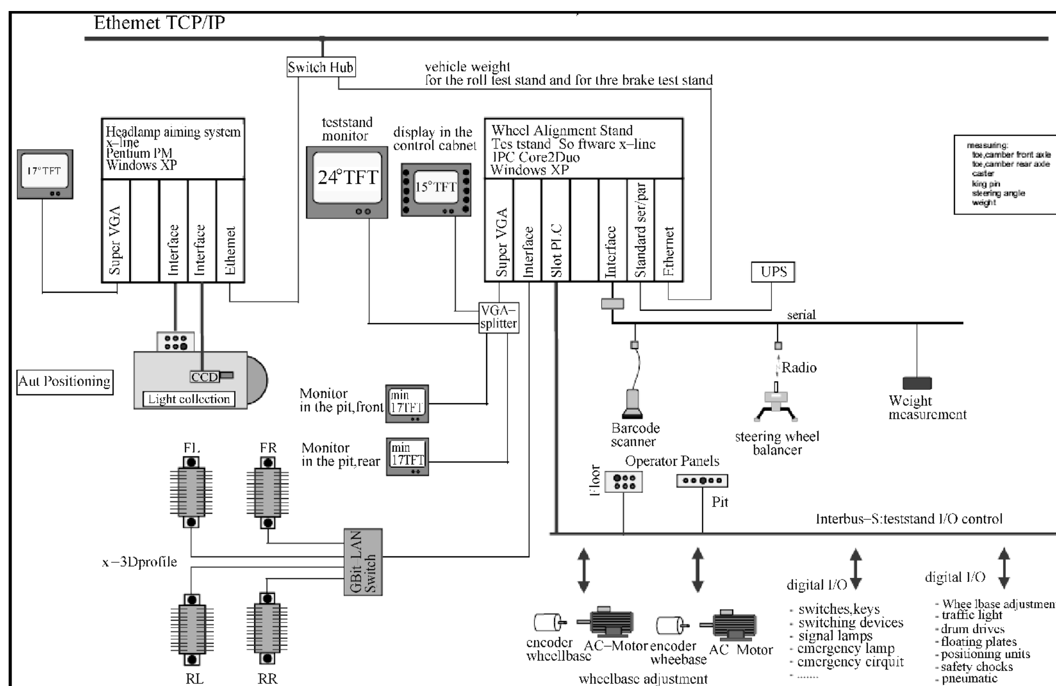


图 2　四轮定位仪电气控制示意图

该设备为四轮定位仪与大灯检测仪组合设备，其最大的优势有以下几点：

1）测量单元采用全球领先的 x－3Dprofile 激光传感器的非接触测量方式，通过上下两台 CCD 摄像机拍摄图像，利用立体摄影测量原理进行运算得出各定位角度。

2）车辆对中采用非机械接触式对中，通过前左和前右浮盘的定位装置，伺服电动机调节浮盘的转向角度，动态调整车辆对中。

3）转向盘水平仪采用无线通信方式，增加了操作的便利性。

4）采用工控机、Slot PLC、interbus 总线组合的方式进行电气控制，大大降低设备故障率，提高设备诊断维护的便利性。

5）采用 Durr 公司 X－line 应用软件，界面友好，操作方便。

3　激光器测量原理解析

（1）四轮定位仪工作流程　在测试台全部原位的情况下，将被测车辆行驶到四轮定位仪上。测试流程为：选择自动模式——扫描 VIN 码——轴距调整——车辆上线——按 START 按钮——浮动盘释放——挡车挡板上升——激光器发光测量——车轮旋转——装转向盘水平仪——对中完成——地坑内操作者进行四轮调整——调整合格——大灯检测调整——按完成按钮——浮动板锁定——挡车挡板落下——取下转向盘水平仪——车辆下线。

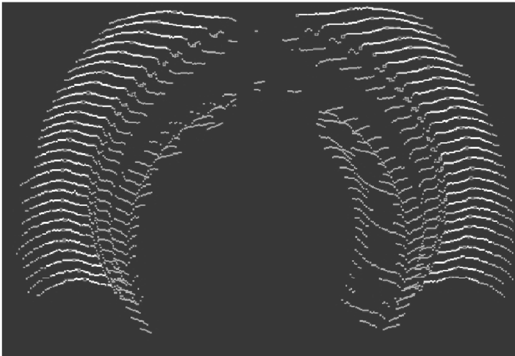
（2）激光器测量原理解析

1）激光器物理结构。3Dprofile 激光器由 Visicon 公司设计制造，由激光器壳体、发光模块、CCD 摄像机、运算单元等部分组成。每一个激光器分为左、右两侧，每侧 4～6 个发光模块组成，每个发光模块可发出 8 道激光光束，整个激光器可发出 64～96 条光束。如：①CCD 摄像机；②激光器模块；③LED 故障诊断指示灯。

2）激光器图像采集与处理：①激光器点亮，并以 20Hz 频率闪烁；②激光投射到轮胎上，形成激光明暗条纹，如图 3 所示；③每条激光光线均可以独立开关，以适应不同大小的轮胎；④轮胎被测表面上任何一点均由两台摄像机进行拍摄；⑤CCD 摄像机拍摄到被测物体上激光光束形成的图像，如图 4 所示；⑥图

像传入到处理单元内，通过立体摄影测量原理进行测量；⑦激光器与工控机通过千兆级的以太网进行连接；⑧经过激光器的分析计算，形成 3D 数字化数据，发送到工控机内；⑨经过识别处理，图中蓝色区域为无效区域，绿色区域为有效区域，紫色点为边界点，红色点为计算点，用来计算各个定位角。


图 3　激光器测量图


图 4　图像处理过程

（3）立体摄影测量技术（图 5）

1）立体摄影测量技术的概念。狭义上讲，用两个位置固定、焦距已知的摄影机，通过摄影得到两个图像，由图像上的像点位置信息解算待测点在三维空间的位置，该方法称为立体摄影测量技术。

2）立体摄影测量方法的推论。已知摄影机Ⅰ拍摄 A 点，成像于 a_1 点，s_1 为光心。

如果：A 点确定，那么 a_1 位置唯一，a_1 位置为 As_1 延长之后与像平面的交点。

反之：已知 a_1 像点的位置，则不能确定物点 A 的位置，线上任一点都能成像于 a_1。

图 5　立体摄影测量推论

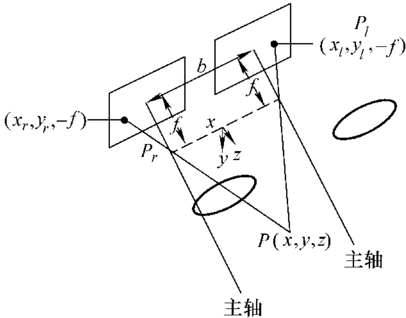
结论：从单张相片的像点位置信息中，只能知道物点所在的直线位置，而不能确定物点的位置。

摄像机Ⅱ拍摄 A 点，成像于 a_2，s_2 为光心，A 点在 a_2、s_2 延长线上，两直线相交给出唯一 A 点位置。

结论：决定一个三维空间点的位置需用两个摄影机，从 2 张照片上提取信息，这 2 张照片称为立体像对。利用具有一定重叠的两张相片，构成立体模型来确定被摄物体的空间位置。按照立体像对与被摄物体的几何关系，以数学计算方式来解求物体的三维坐标，此方法也称为双像解析摄影测量。

3）激光器三维摄像测量的数学计算

已知条件：$P(x、y、z)$ 为被测物体上的任意一点，P_l 与 P_r 为对应两台摄像机拍摄图像上的投射点，两摄像机之间距离为 b，摄像机焦距为 f，如图 6 所示。



$$x=\frac{\frac{b}{2}(x_l+x_r)}{b+x_l-x_r}$$

$$y=\frac{\frac{b}{2}(y_l+y_r)}{b+x_l-x_r}$$

$$z=\frac{-bf}{b+x_l-x_r}$$

图 6　计算图示与公式

建立空间坐标系 $oxyz$，坐标系以平行于 P_lP_r 连线为 x 轴，以平行于成像平面为 y 轴，以两镜片中心连线的中点为原点，并设立 z 轴，P_r 坐标为$(x_r, y_r, -f)$，P_l 坐标为 $(x_l, y_l, -f)$。因此为计算 P 点坐标，该问题演变成在空间三角形内，已知两顶点和一边，计算另外一个顶点的问题，通过数学推导，可以得出途中右侧的算式，求出被测点 P 的坐标。

因此，通过以上方法，计算出图 6 中所有计算点的空间坐标，即可算出所有定位角度数值。

（4）激光器诊断　X－line 软件提供了完善的激光器诊断功能，通过诊断可以全面排查激光器的异常情况。如图 7 所示，其提供了以下几个常用检查项目：

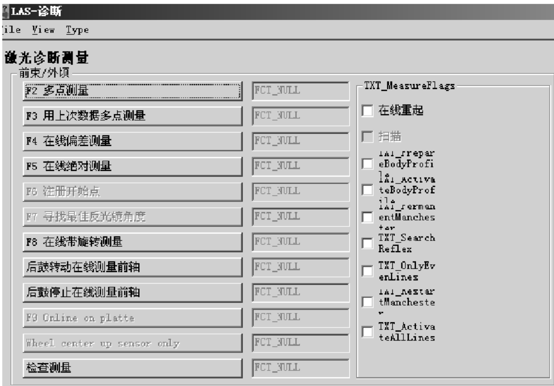


图 7　激光器诊断

1）激光器点亮功能。该功能可以使激光器点亮，此时激光器持续发光，通过从光束的数量、亮度、连续性和间距等几个方面，排查激光器的发光是否正常。

2）激光器模拟测量功能。单（双）击图 7 中“F5 在线绝对测量”功能，此时激光器以模拟测量状态点亮，并以 20Hz 频率闪烁，此时可以观察激光器光源闪烁情况是否正常。

3）上、下摄像头拍摄情况检查。在“F5 在线绝对测量”开启的状态下，打开“live image”界面，此时可以分别选择查看 4 个激光器的拍摄画面，并通过上下摄像头的切换，分别检查两个摄像头的拍摄情况。正常的摄像应该画面清晰，激光光束区分明显，画面角度和大小均正常。

4）数据获取、处理情况检查。在“F5 在线绝对测量”开启的状态下，打开“profile”界面，此时可以分别查看图像处理前和处理后的数据显示，如图 8 所示。图中有效点（绿色部分）显示均匀，边界点（紫色点）连续，计算点（红色）选取合理，则说明数据正常。



图 8　数据图像

5）激光器连接状态检查。通过该对话框可设置各激光器的 IP 地址和端口号，开启和关闭单个激光器，并查看其与摄像机的连接状态。在更换新激光器时，需写入新激光器的 IP 地址，并连接，如图 9 所示。

6）分配激光器。该界面下按顺序显示四个激光器的状态，点击“详细内容”，显示激光器详细信息，在此界面下可以更改、删除激光器，如图 10 所示。

7）硬件日志文件。该界面记录了激光器的硬件 log 日志，显示了激光器全部动作信息。在激光器出现故障后，作为故障分析的重要依据文件，如图 11 所示。

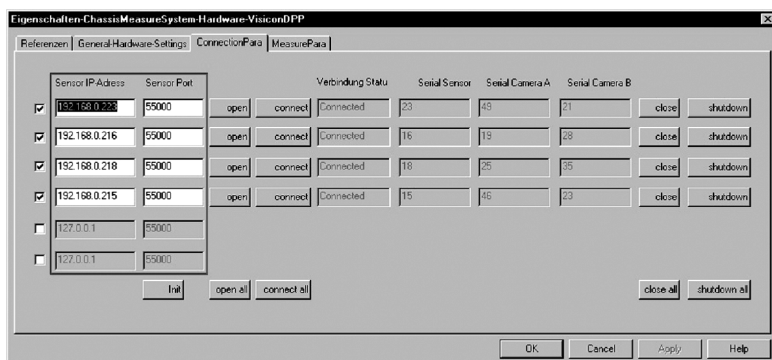


图 9　激光器设置



图 10　激光器选择

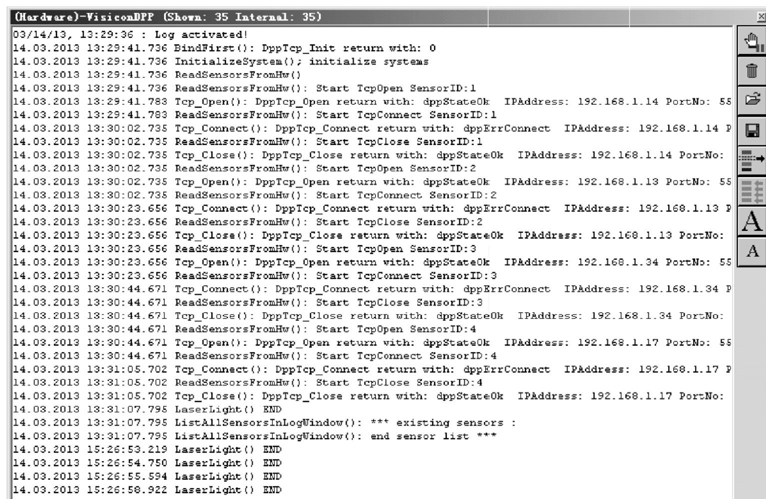


图 11　激光器日志文件

4　激光器故障导致车辆对中不稳定问题解析

（1）现象描述　车辆驶入四轮定位仪，按车身的偏离状态分为偏离较小和偏离较大两种情况进行分析。若将滚筒在轴向上分为左、中、右等分的三段，偏离较小是指车轮停在中段的情况，偏离较大指车辆停在左段或右段的情况。

当车身偏离较小时，前左对中机构调整比较缓慢，用时可达35s，超出正常调整时间15s；后左对中机构调整正常。当车身偏离较大时，对中机构向反向调整，使得车辆反向调整幅度过大，车轮卡在导向滚筒上，导致变频器过载报警，无法实现车辆的对中。

（2）对中机构工作原理　对中机构调整部分如图12所示，前左浮盘与后左浮盘分别设有对中机构。对中机构由转向杆（图12中3）、驱动机构（图12中4）、固定旋转轴（图12中1）三部分组成。当对中时，驱动机构气缸带动定位销伸出，插入转向杆孔。伺服电动机带动气缸横向移动，浮动盘围绕固定旋转轴转动一定角度，此时滚筒带动车轮转动，车身实现对中。

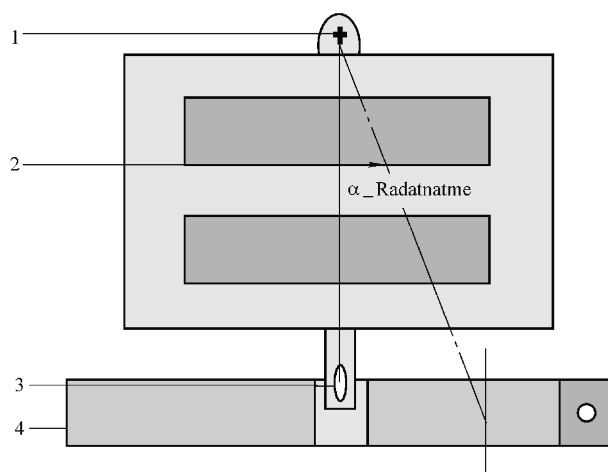


图12　对中机构示意图

对中机构控制部分由激光器、Slot PLC卡、工控机、变频器和伺服电动机组成。激光器测量车身左右偏离程度，由工控机计算出左右调整量，控制变频器使电动机作出调整，直至车身对中。

（3）原因分析

1）浮盘参考点丢失。参考点为定位销初始零位置点，参考点丢失将导致定位销位置不准确，无法作出正确调整。重新标定参考点可以修复。

2）变频器参数丢失。变频器参数设置将直接影响到伺服电动机动作，参数的丢失，将会导致电动机动作异常，导致车辆无法对中。重新写入参数可以修复。

3）Slot PLC卡参数丢失或硬件损坏。Slot PLC卡负责变频器数据的传递与控制，参数的丢失和硬件损坏，也将导致对中异常或无法对中。重新写入参数或硬件复位操作、更换新卡可以修复。

4）Interbus总线通信异常。Slot PLC卡与变频器通过interbus总线连接通信，若通信失败将会导致无法对中。可以对总线连接情况进行诊断，对异常处进行修复。

5）激光器标定值变化，需要重新标定。激光器标定值的变化将导致测量不准确，使车辆对中存在偏差。重新标定激光器可以修复。

6）激光器硬件故障。硬件故障也将导致测量值不准确或无法测量，使车辆对中困难或无法对中，可以尝试更换激光器进行故障排查。

7）工控机x－line软件参数设置异常。x－line软件负责对数据进行运算得出调整量，软件参数异常将导致计算结果不准确，导致对中异常。

（4）真因查找　对以上原因分析进行逐一排查。首先进行 interbus 总线诊断，使用专用总线诊断软件，结果显示总线通信完好。其次进行激光器标定，标定完成后再次上车试验，结果显示故障依然存在，未得到改善。再次标定浮盘参考点，标定完成后再次上线试车，结果显示故障未消除。再将 x – line 软件备份进行恢复，恢复到对中正常时的程序，进行实车试验后，故障仍然存在。重新下载变频器参数。变频器参数下载后，仍然无效。检查 PLC 卡。重新写入 PLC 卡程序参数与配置参数，检查 PLC 卡状态显示，并进行硬件复位操作，完成后实车试验，故障仍然存在。最后进行更换前左激光器操作。激光器更换完成后进行标准样架标定。然后实车试验，结果显示车辆对中效果恢复正常，设备故障排除。

为进一步确定前左激光器是否存在故障，将前左激光器与后左激光器进行调换，调换完成发现后左对中异常故障再现，因此可以判定前左激光器硬件故障导致了对中不稳定故障的发生。

（5）实施对策　使用激光器诊断软件对激光器进行诊断。首先打开激光器开关，使激光器点亮。通过对比发现，前左激光器投射到轮胎上光线亮度要明显低于其他激光器。然后使用“F5 在线绝对测量”功能模拟测量，通过查看“profile”界面，发现有效点选取异常，因此不能满足测量前束、外倾等定位角使用要求。故障激光器需要返回厂家进行专业检测维修。

（6）故障总结　该故障具有较大的隐藏性，在故障分析时必须明确车辆对中的原理，列出所有可能导致对中问题发生的一切可能原因。从末端开始层层深入进行排查，只有这样真因才能最终被暴露出来。若仅围绕着对中机构进行分析，则不会查出根本原因。

线材轧机的简易故障诊断方法研究㊀

罗新发[1]　赵向丽[2]

（1. 075100　河北钢铁集团宣钢自动化公司

2. 100124　北京工业大学北京市先进制造技术重点实验室）

摘　要：对冶金企业高速线材轧机的典型结构进行了研究，针对高速线材轧机齿轮箱的特点，进而对常规的故障特征提取方法，主要包括幅域分析方法、频域分析方法、时域相关分析等进行了介绍。总结了幅域分析即早期故障特征分析的诊断标准和诊断参数；结合数据分析案例，对频域分析方法进行了详细的说明；结合工程实例，对时域相关分析进行了描述，应用相关函数对比随机序列在不同时刻状态之间的内在联系以及两个随机序列不同时刻状态之间的彼此联系。上述方法为冶金企业高速线材轧机实际生产应用过程中的早期故障判断提供了依据，防止故障的严重化，从而为企业带来明显的经济效益。

关键词：故障诊断　振动信号　故障特征提取方法　时域分析　频域分析　时域相关分析

1　引言

高速线材精轧机的故障诊断，在一定程度上就是对轴承和齿轮的故障诊断，振动信号分析是机械设备故障诊断的关键技术，起着从检测信号中提取有用信息、压制和滤除干扰，以及找出故障征兆和故障发展趋势的重要作用[1]。经过国内外众多学者和工程技术人员的努力和探索，机电设备状态监测与故障诊断技术在各国国民经济中发挥了重大作用，且取得了显著的经济效益和社会效益[2]。1986 年 P. D. McFADDEN 博士发表了《用啮合振动的幅值、相位解调技术检测齿轮裂纹故障》一文[3]，由此各种有关齿轮的局部故障诊断技术得到了迅猛发展。Kaiser 在 1990 年提出了一种非线性算子——Teager 能量算子（Teager Energy Operator，TEO），它能有效地提取信号中的“能量”，从而进一步得到齿轮振动信号的故障特征[4]。2006 年，印度的 A. R. Mohanty 将幅值包络解调和频率解调方法应用于齿轮箱振动信号中，分别提取齿轮转动的轴频及其啮合频率，同时利用离散小波变换对齿轮信号进行了降噪[5]。2006 年 Fan Xianfeng 等人融合 Hilbert 变换和小波包变换提出了一种新的解调方法，仿真数据和齿轮箱故障模拟实验均验证了该方法的有效性，证实该方法可有效提取齿轮早期故障特征[6]。北京工业大学崔玲丽等人针对复合故障中滚动轴承微弱冲击性故障特征难于提取的问题，提出基于提升小波和 EMD 的解调方法，进行了复合故障的耦合特征分离和轴承损伤性故障微弱信号的特征提取研究，且准确提取高频调制故障特征，实验结果表明了该方法的有效性和实用性[7]。

2　线材轧机的典型结构

高速线材轧机由粗轧机、中轧机、预精轧机和精轧机等主要装置所组成，图 1 所示为高速线材轧机生产线的布置图。

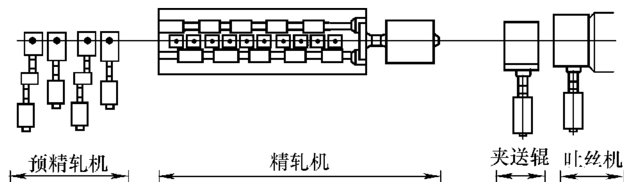


图 1　高速线材轧机生产线布置图

㊀　基金项目：北京市自然科学基金面上项目（3112004）。

3　线材轧机简易故障诊断方法

（1）幅域分析法　幅域分析方法是一种早期信号特征分析方法，通过计算信号幅值域诊断参数，来判断齿轮是否处于正常工作状态。常用无量纲幅值域诊断参数作为诊断标准，如波形指标、峰值指标、脉冲指标、裕度指标和峭度指标等，这些诊断参数分别适用于不同的情况，没有绝对优劣之分[8]。

1）峰值 X_P。峰值是振动物体（或质点）在振动过程中偏离平衡位置的最大距离。峰值对早期故障的敏感性比较高，特别是初期阶段齿轮齿面剥落，非常容易由峰值的变化检测出来。另外，对于转速较低（如 300r/min 以下）的情况，也常采用峰值进行诊断。峰值

X_P 的公式为

$$X_P = \max\ \{X_i\}$$

2）均值$\overline{X}$。方均值反映了信号下 x（t）相对于零值的波动情况，表示信号的平均能量。均值用于诊断的效果与峰值基本一样，其优点是较峰值稳定，但一般用于转速较高的情况（如 300r / min 以上）。均值$\overline{X}$的公式为

$$\overline{X} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i$$

3）方均根值 X_{rms}。方均根值是对时间平均的，因而它适用于像磨损之类的振幅值随时间缓慢变化的故障诊断。用方均根值度量振动量级的优点在于：方均根既考虑到了振动时间变化的经历过程（峰值与时间历程无关），又表示了机械振动能量的大小。方均根值 X_{rms}的公式为

$$X_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i^2}$$

4）裕度指标 CL_f。裕度指标定义为峰值与方根幅值之比。裕度指标是反映信号冲击程度的一个指标，对齿轮和轴承的冲击故障较为敏感，特别是故障早期时，它有明显的增加；但上升到一定程度后，随着故障的逐渐发展，反而会下降，表明它们对早期故障有较高的敏感性，但稳定性不好。裕度指标 CL_f 的公式为

$$CL_f = X_P / \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} | X_i |\right)^2$$

5）峭度指标 K_v。峭度指标定义为峭度 $\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i^4\right)$与方均根值的四次幂之比。峭度指标是不够敏感的低阶矩与较敏感的高阶矩之间的一个折中特征量，是反映偏离正态分布程度的一个指标，对信号中的冲击成分特别敏感。当设备状态正常时，振动幅值呈正态分布，峭度指标值为 3，过高的峭度指标通常反映了局部缺陷，而总体缺陷和分布缺陷通常使概率密度分布趋于平缓，因此使峭度指标降低，即

$$K_v = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} X_i^4}{X_{\text{rms}}^4}$$

以上这些时域特征值，在减速器发生故障时可以反映故障的发生，有时可以反映故障的程度，并作为粗略判断的依据。

（2）频域分析法　频谱分析是在频域中对原信号分布情况的描述，是机械故障诊断中应用最广泛的信号处理方法之一，包括以快速傅里叶变换为核心的经典傅里叶频谱分析和适用于非对称、非线性系统的双谱分析方法等。经典傅里叶分析是一种纯频率的分析方法，适用线性高斯稳态信号，反映的是整个信号全部时间段的整体频率特征。无论故障诊断技术如何发展，这种频谱分析技术仍是基础，在实际应用中不可或缺[9]。幅值谱分析是直接对采样所得的时域信号进行傅里叶变换，求得关于该时域信号的频率构成信息，其数学表达式为

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)\mathrm{e}^{-\mathrm{j}2\pi ft}\mathrm{d}t$$

式中，$x(t)$ 为时域信号。

对于周期信号，经过傅里叶变换后得到的幅值谱是离散谱，即构成信号的频率成分是基波及其各次谐波分量。而对于非周期信号，其幅值谱是连续谱，即信号连续分布在一定的频率范围内。幅值谱是在频域中对信号能量分布情况的描述，它表示单位频带内信号幅值随频率的变化情况，也就是说反映信号幅值在频域内的分布情况。对于故障信号，其在幅值谱上经常表现为有较大的峰值出现。根据峰值出现时的频率即可判别是否有故障及故障的类型。

图 2 为齿轮断齿故障的振动信号频谱图，从图中可以看到，啮合频率两侧有明显的边频带产生，即可以确定齿轮出现故障。但是无法找到调制信号的频率，所以不能准确地判断具体是什么故障。需要运用解调方法，并找到调制信号的频率，与特征频率对应就可以找出具体出故障的原因。

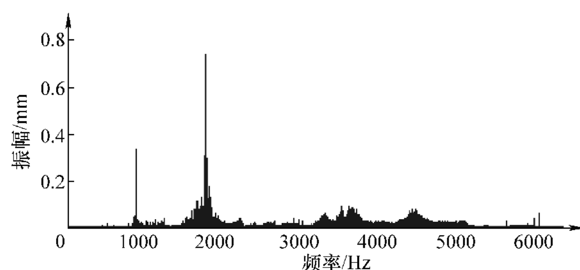


图 2　齿轮断齿故障的振动信号频谱图

利用时域参数可以快速实现对设备简易诊断，即判断是否存在故障，故常用于对齿轮箱的在线监测。当需要分析故障类型、故障位置及故障严重程度时，就要对齿轮箱的振动信号进行频谱分析。根据频谱图中的频率成分及各有关频率成分的幅值大小进行进一步诊断。

（3）时域相关分析　为了描述随机序列不同时刻状态之间的内在联系及两个随机序列不同时刻状态之间的彼此联系，常应用相关函数。自相关函数描述的是同一信号中不同时刻的相互依赖关系，其定义式为

$$R_X(\tau) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_0^T x(t)x(t+\tau)\mathrm{d}t$$

其离散化计算公式为

$$R_X(n\Delta\tau) = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} x_i x_{i+n}, n = 0,1,2,\cdots,\text{其中}, m < N$$

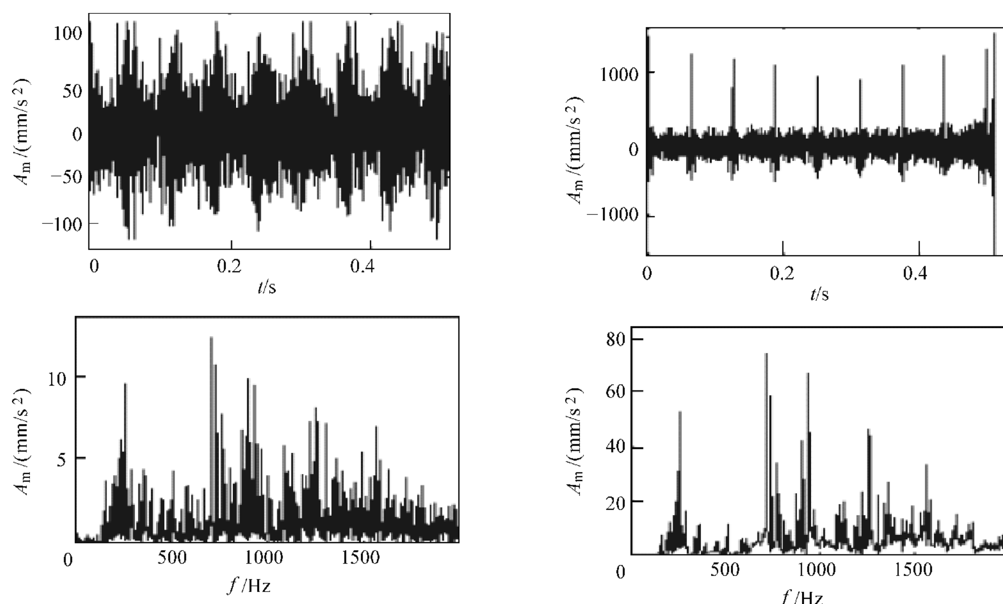
相关函数是 τ 的函数，称之为时延或时差。因此，相关分析又可称之为时延域分析或时差域分析。对测取的振动信号进行相关分析能显著地抑制噪声。

自相关函数具有以下重要特性：

①自相关函数是偶函数；②当 $\tau=0$ 时，自相关函数具有最大值；③周期信号的自相关函数仍然是同频率的周期信号，但不具有原信号的相位信息；④当随机信号的均值为 0 时，自相关函数将随 τ 值的增大而很快趋于零。均值不为 0 时，自相关函数很快趋近于平均值的平方。

由自相关函数的性质可知，在参变量 $\tau=0$ 附近相关函数的值很大，自相关后的剩余噪声多集于此处，而对此自相关函数进行适当时延，将会进一步抑制噪声。因此，自相关函数可以从随机信号中检测出周期信号，具有显著的降噪效果。

利用自相关分析来去除噪声部分、降低信号干扰，从图 3a、b 对比可以看出。图 3a 是原始振动信号的时域波形及其幅值谱，图 3b 是自相关降噪之后的信号及其幅值谱（即原始信号的功率谱）。图 3b 中的时域波形已经可以看出明显的调制周期性，幅值谱图的噪声干扰也明显降低，达到降噪效果。



a) 原信号波形和频谱图　　b) 自相关后波形和频谱图

图 3　自相关降噪前后的频谱图

4　结束语

通过在某钢厂进行的试验，以及以上简易故障诊断方法的应用，可以为保障设备安全运行、对设备故障的发展做出早期的预报、对出现故障的原因做出判断并提出对策建议，为实现从现行的“定期维修”向更合理的“预测维修”的转变提供了条件。

参 考 文 献

［1］ 王素琳．高速线材轧机同步齿轮箱故障监测与诊断研究［J］．机械设计与制造，2010，11：229 – 230.

［2］ 崔玉杰．典型齿轮箱故障振动特征与诊断策略研究［J］．天津冶金．2004，5：27 – 36.

［3］ P. D McFADDEN. Detecting Fatigue Cracks in Gears by Amplitude and Phrase Demodulation of the Meshing Vibration［J］．ASME Journal of Vibration Stress and Acoustics. 1986，108（4）：165 – 170.

［4］ J. F Kaiser. On a Simple Algorithm to Calculate the Energy of a Signal［C］. Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics. Speech and Signal Proceeding. Albuquerque，USA，1990：381 – 384.

［5］ Mohanty A. R，C. Kar. Fault Detection in a Multistage Gearbox by Demodulation of Motor Current Waveform［J］. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2006，53（4）：1285 – 1297.

［6］ Xian feng Fan，Ming J. Zuo. Gearbox Fault Detection using Hilbert and Wavelet Packet Transform［J］. Mechanical Systems and Signal Processing. 2006，20：966 ~ 982.

［7］ 崔玲丽，高立新，殷海晨，等．基于第二代小波和 EMD 的解调方法及其应用研究［J］．振动与冲击．2008，27（6）：1 – 3.

［8］ 盛兆顺，尹琦岭．设备状态检测与故障诊断技术及应用［M］．北京：化学工业出版社，2006.

［9］ 李国华，张永忠．机械故障诊断［M］．北京：化学工业出版社，1999.

丙烷压缩机状态评估和寿命预测

刘稚钧
（201615 上海交通大学达通设备诊断研究所）

摘　要：针对长期运行的丙烷压缩机，在技术上进行了设备状态评估和寿命周期预测的探索与研究，为本企业今后的设备现代化管理提供可操作的依据和借鉴经验。

关键词：状态评估　寿命周期　振动测试　预测

1　引言

上海石油天然气有限公司天然气处理厂自 1998 年建成投产至今已有 14 年了，设备应该是进入一个疲劳和老化的阶段。但目前设备的状态究竟还能安全运行多长时间，以及在这个设备剩余寿命阶段从管理上应该注意些什么，都是设备管理工程师需要思考及必须解决的问题。

该公司技术管理层在这个问题上进行了科学的探索和研究，并作为第一步，选择天然气处理厂生产流程上的一台重要机组，即丙烷压缩机作为对象。从技术角度对设备状态评估和寿命预测，目的是通过这项工作，弄清上述问题，为今后该公司设备现代化管理提供科学依据和实践经验。

2　目前状态及评估

（1）15 年来运行情况介绍　15 年来 4 台丙烷压缩机运行基本正常，前期两条生产线同时运行，所以是开 2 备 2，设备利用率为 50%，后期只开一条生产线即开 1 备 3 就可满足，所以设备利用率仅为 25%。

从运行资料统计看，4 台丙烷压缩机其中累计运行小时分别为 41615h、38024h、17843h 和 33130h，折合年数分别为 4.75 年、4.34 年、2.03 年和 3.78 年。由此看来，15 年来，分配到每台设备的累计运行时间均没有超过 5 年。

从维修记录看，设备的故障率低，主要是电动机轴承故障，计划的中大修基本满足了设备正常运行的需求。

（2）现场勘查　2012 年 5 月 30 日，项目组成员在现场对 4 台丙烷压缩机进行了实地勘查。现场 CM540A 在运行，工况正常，振动和噪声也正常。通过近一年来振动测试时对其他 3 台机组观察，运行状态也正常。勘查中对 4 台机组外观进行观察，现场保养较好，无严重锈蚀剥落。

（3）振动测试数据分析　每次振动测试数据整理完毕，均要根据振动速度标准（表 1）对设备振动状态进行分类评估（表 2），将所测设备的状态分成 A—良好，B—许可，C—可容忍，D—不允许 4 档。表 3 是 4 台丙烷压缩机振动历年来测试的次数以及状态评价的统计结果。

表 1　设备振动速度标准

（单位 mm/s rms①）

机组名称	设备名称	A/B	B/C	C/D
丙烷压缩机	电动机	1.4	2.8	4.5
	压缩机	2.3	4.5	7.1

① rms 表示均方根。

从表 3 可知，15 年来，从状态评价的统计结果来看，4 台机组基本上处于 B 类即许可状态。

需要说明的是，这里的评价结果是对整台机组所作的最后状态评价，实际上在每次振动测试作最后状态评价之前，先是分别对电动机和压缩机根据振动标准进行评价，然后再对整台机组作最后状态

表 2　天然气处理厂设备振动状态分类表

设备名称	设备编号	A	B	C	D
丙烷压缩机	CM540A		√		
	CM540B		√		
	CM1540A		√		
	CM1540B		√		

表 3　设备分类表

设备名称	设备编号	测试次数	状态评价
丙烷压缩机	CM540A	24	23 台 B 类、1 台 C 类
	CM540B	25	1 台 A 类、16 台 B 类、8 台 C 类
	CM1540A	16	11 台 B 类、5 台 C 类
	CM1540B	40	2 台 A 类、37 台 B 类、1 台 C 类

评价，比如这次电动机振动评为 B 类，压缩机振动评为 A 类，那么这台机组振动的最后状态评价为 B 类。从历史统计上看，压缩机组振动被评为 B 类都是由于电动机振动被评为 B 类所造成的。这就是说，按振动标准看，由于转速等技术原因，电动机振动偏高，这是运行保养维修上需要关注的一个重点。

（4）目前状态及评估　从以上分析看，4 台丙烷压缩机目前状态属许可即正常状态，可继续满足生产运行的需求。当然保持这个状态的前提是继续保持以前设备管理上的种种措施，包括生产操作、保养维护、振动检测、定时中大修等，并且重点应放在电动机上。

3　丙烷压缩机实际寿命预测估算

1）选用了比较常见的最小二乘法对丙烷压缩机的数据进行拟合并预测，由于这 4 台设备的运行时间有明显差异，有的设备工作时间近 4 万 h，而有的设备只有 1 万多 h，因此，其预测的效果会有一些差异。每台设备的测点选取为具有代表性的测点。

2）选择 CM1540B 3H 测点振动数据作为重点，进行拟合并预测，具体见表 4 及图 1。

表 4　测试数据

测试日期 年月日	3H 振动速度 值/（mm/s）	累计小时数 /h	测试日期 年月日	3H 振动速度 值/（mm/s）	累计小时数 /h
2007.02.09	2.189	14225	2008.12.22	2.100	23877
2007.02.26	2.294	14225	2009.06.26	1.633	25005
2007.03.14	2.235	14894	2009.07.31	2.463	25725
2007.04.18	2.494	15614	2010.01.26	2.287	26280
2007.05.22	3.356	16294	2010.04.27	3.178	26596
2007.06.14	3.083	16976	2010.05.26	2.990	
2007.09.16	3.229	17776	2010.06.30	2.741	
2007.10.23	2.300	18495	2010.08.03	2.928	
2007.11.27	2.741	19238	2010.08.31	2.593	
2008.03.07	2.199	20124	2010.11.05	3.381	
2008.03.18	2.713	20488	2011.10.28	3.003	
2008.04.23	2.895	20871	2012.02.28	2.480	
2008.05.23	2.446	21585	2012.03.29	3.666	33130
2008.10.07	1.834	21698		4.5	41672
2008.10.28	2.356	22442		7.1	50859
2008.12.03	2.479	23160			

3）数据和图表显示。当 CM1540B 3H 测点振动数据从目前发展到 4.5mm/s 即第一报警值时，其累计运行 41672h，将这个数据减去目前的累计运行 33130h，则剩余寿命为 8542h。当 CM1540B 3H 测点振动数据从目前发展到 7.1mm/s 即第二报警值时，其累计运行 50859h，将这个数据减去目前的累计运行 33130h，则剩余寿命为 17729h。

一般情况下，将第二报警值作为设备失效和寿命评估的依据，所以选择第二报警值作为本次设备寿命预测的标准。

4）丙烷压缩机实际寿命预测估算结果。通过对 CM1540B 3H 测点振动数据为例进行拟合并预测，可知丙烷压缩机实际剩余寿命为 17729h，约 2 年左右（17729h ÷ 8760h/年 = 2.02 年）。

一台丙烷压缩机可继续延长使用寿命约 2 年，按照目前开 1 备 3 的使用方法，4 台丙烷压缩机组合轮换使用总寿命可达到 8 ~ 10 年。

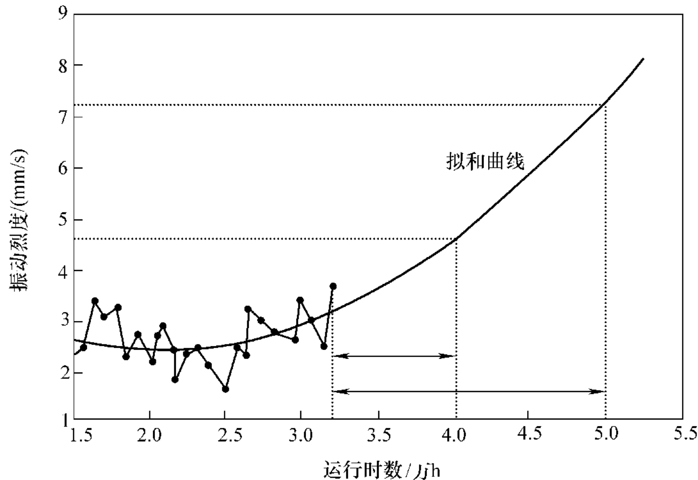


图 1　3H 测点振动预测曲线（2007. 02. 26）

这里需要说明的是，此前，4 台丙烷压缩机累计运行小时分别为 41615h、38024h、17843h 和 33130h，折合年数分别为 4. 75 年、4. 34 年、2. 03 年和 3. 78 年，我们都分别采用最小二乘法对 4 台机组的数据进行拟合并预测，其中 CM540A、CM540B 和 CM1540B 3 台剩余寿命约 2 年左右，而 CM1540A 的剩余寿命约 2 ~ 4 年左右。

4　设备状态评估与寿命预测结论

（1）状态评估　从 4 台丙烷压缩机历年来振动测试的次数以及每次状态评价的统计结果看，4 台机组基本上处于 B 类即许可状态。

所以，从以上分析看，4 台丙烷压缩机目前状态属许可即正常状态，可继续满足生产运行的需求。

（2）寿命预测　根据多年现场监测积累的大量数据，通过数据拟合方法对 4 台设备关键测点的趋势进行分析，并参考振动相关标准对设备劣化运行状态运行时间进行预测。需要说明的是，这个预测的数据来源，已经包含了以往中大修的因素。

通过对 CM1540B 3H 测点振动数据为例进行拟合并预测，可知丙烷压缩机实际剩余寿命为 17729h，约 2 年左右。

（3）今后管理对策

1）在今后丙烷压缩机设备管理中，继续保持以前的被证明是行之有效的运行、润滑保养、振动检测、定时中大修等各项管理措施。

2）中大修无论在过去还是将来都是必要的，因为丙烷压缩机是中高转速的连续运转的设备，磨损是影响设备寿命的主要因素，定期对设备进行检修，将磨损的轴承等零件进行更换修复，对恢复和保障设备正常运行状态，延长设备寿命是十分重要的，效果也是明显的。图 2 是 CM540B 丙烷压缩机在经过一次大修之后振动急剧下降的趋势图。

3）目前 4 台丙烷压缩机运行小时数由 41615 ~ 17843h 不等，主要是 CM1540A 机组运行 17843h，仅为其他机组的一半不到。建议调整并均衡使用，以延长设备总体寿命。

4）要防止一台机组连续运行时间过长。一般一台机组连续运行 3 个月左右，宜切换到其他机组运行。

5）按 8000h 一次中修，24000h 一次大修的修理周期，目前大修周期均未达到此标准。建议：在设备状态检测的基础上，第一步，向二中一大的维修周期靠拢；第二步，将二中一大的维修周期拉长。

6）今后检修重点应该是包括电动机和压缩机在内的轴承和密封油封等轴系零件，因为电动机转速 3000r/min，压缩机转速 2000r/min，均属于中高速，轴承等尤其是电动机轴承和阳转子轴承容易疲劳磨损，

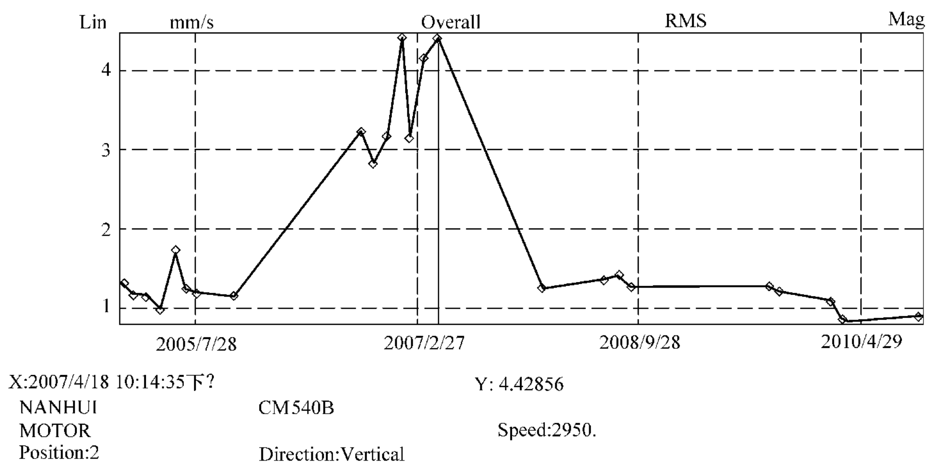


图 2　CM540B 大修后振动急剧下降的趋势

及时检修更换对机组保持良好运行状态和延长设备寿命有关。另外在今后的检修中，应重点检查阴阳转子表面的磨损，转子箱内表面的磨损，观察其变化趋势。

7）继续开展每月一次的振动检测，发挥其状态检测故障诊断的预测预报功能，通过及时保养维修，随时将设备调整到良好状态。

8）检测技术除了振动外，今后可酌情扩大到温度、压力、流量、电参数等，实施多参数检测，以更加全面地反映设备状态。

三、液压润滑、更新改造及维修

热连轧线液压活套控制的技术改进

董坤坤　王慧凯　郭万胜　陈金伟　张小亮
（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：以热连轧线精轧液压活套系统为研究对象，对活套性能工作原理进行研究。提出一些活套操控优化的方法，从而更好地发挥液压活套的性能，避免产品废次品的产生。

关键词：液压活套　操控　技术　优化

1　引言

在带钢热连轧过程中，由于带钢穿带等因素引起的前后机架速差扰动，会破坏机架间金属秒流量的平衡，引起套量和套角的变化，使带钢张力出现波动。采用活套套高闭环控制技术，即根据套角变化相应地给出对前机架速度的补偿，就可消除前后机架因各种干扰导致的带钢流量和张力波动，保证顺利轧制，以及提高带钢质量。

2　液压活套控制及改进方法

（1）二维模糊套高闭环控制　电动活套系统具有以下特点：

1）套量 Δl 与套角 θ 并不是线性关系。

$$\Delta l = [(R\sin\theta + r - H_d)^2 + (R\cos\theta + L')^2]^{1/2} + [(R\sin\theta + r - H_d)^2 + (L - R\cos\theta - L')^2]^{1/2} - L \qquad (1)$$

式中，R 为活套臂臂长；r 为活套辊半径；H_d 为活套支点离轧线的距离；L' 为活套支点离上游机架的距离；L 为机架之间的距离。

套量和套角的非线性关系使单一参数的纯比例控制器在活套正常工作角度范围内不能进行较精确地控制，调节误差较大，易使活套系统不稳定。

2）活套闭环控制器一般依据套角变化给出。对上游机架的速度补偿，速度补偿的积分即等于套高调节量。

$$\Delta l = \int \Delta v(t)\,dt \qquad (2)$$

活套控制系统中存在这个积分环节，因此套量和速度补偿之间明显存在一定的滞后性，有必要在套高控制中利用套角变化趋势，提前对套高补偿进行修正。为此，设计了一种带微分作用的二维模糊控制器来实现活套套高闭环控制。首先，把活套反馈角度与设定角度的偏差 $\Delta\theta$ 及偏差的微分 $\Delta\theta'$ 进行模糊量化；然后把采集到的偏差 $\Delta\theta_i$ 及偏差的微分 $\Delta\theta'_i$ 作为模糊控制器的输入，该控制器根据二维的模糊决策表输出不同的速度补偿控制量 per_{ij}；最后通过智能比例调节器进行放大或者缩小，最终输出调节量 $\Delta v_i = per_{ij} \cdot Kp_i$，以满足特定轧制速度下闭环套高控制系统的最佳控制。二维模糊套高闭环控制系统示意图见图 1。

（2）活套位置检测自动校零技术　活套闭环控制器完全依据活套反馈的位置信号来计算对前面机架的速度补偿量，因此活套位置的检测误差直接影响到套高的控制效果。

一般采用高精度的光码盘来检测活套反馈角度，但现场存在各种干扰信号，如光码盘本身有时会由于机械瞬间剧烈的颤动而输出错误的光码信号；在信号从活套装置到控制柜较长距离的传输过程中，容易串入其他干扰信号，这些都会造成活套位置检测误差。

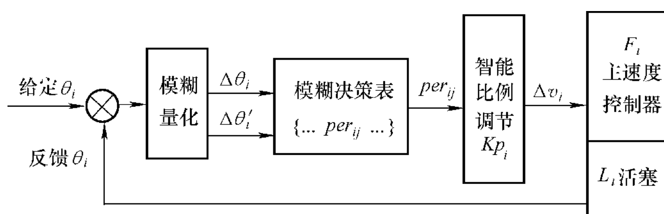


图1　二维模糊套高闭环控制系统

为解决这些问题，开发了活套位置自动校零技术。即利用连轧间隔时间，在上一根带钢轧制完毕、所有活套落套并稳定后，对光码盘输入板卡进行脉冲计数器初始化。所有的通道计数器都被清零后，马上对处于机械零位角的活套位置进行标定。这样，就把所有因为干扰造成的错误计数清除了，从而不会影响下一根带钢的顺利轧制。也就是说，特定的干扰再也不能像以前那样被累加，并继续对后续轧制的带钢产生影响。

自动校零技术应用于生产后，因活套位置干扰信号引起的活套系统误动作减少了很多，同时也避免了经过长时间连续轧制后，活套光码盘计数器溢出的问题。该技术实现简单，且效果明显。

（3）AGC系统后架补偿控制　热连轧机在稳定轧制过程中为了进行厚度调节，需要频繁动作压下装置，因而对轧制力、秒流量等频繁扰动。因主速度活套控制系统响应特性跟不上液压AGC系统的响应，故轧制过程中机组运行不稳定和活套跳动。为此，在AGC动作时，必须对主速度活套系统进行补偿调节。

当第i机架压下动作ΔS_i时，瞬间影响了本架出口厚度h_i，此刻第i机架前滑f_i、后滑β_i也将变化。例如：当由于压下动作ΔS_i时出口厚度变化Δh_i，则f_i上升，使得出口速度$v_i=(1+f_i)\ v_{0i}$上升，自然补偿了部分由于变化引起的第i、第$i+1$机架之间秒流量关系的变化。但相反的，β_i增加导致第i机架入口速度$v'_i=(1-\beta_i)\ v_{0i}$更小，入口流量变小，破坏了原来的秒流量相等关系。可见当第i机架压下动作时，影响最大的是第$i-1$、第i机架间的秒流量相等关系，因此必须补偿调节第$i-1$机架速度，使v_{i-1}下降，达到新时刻第i、第$i+1$机架之间的秒流量平衡。调节量为

$$v_{0i-1}=\left(\frac{c_i}{c_i+\theta_i}\right)\frac{1}{h_i}\Delta S_i v_{0i-1} \tag{3}$$

式中，c_i为轧机的刚度系数；θ_i为带钢的塑性系数。通过对后架进行速度补偿，保证了在AGC进行压下动作的同时机架之间秒流量相等，机架之间的套量基本稳定。

（4）活套升套过程软接触技术　为解决快速升套过程中因活套臂高速撞击带钢而使带钢头部宽度和厚度变小的问题，可以采用软接触技术。但具有代表性的软接触技术是基于模型进行控制，需建立精度较高的主速度和活套控制的近似数学模型，而且其控制效果还依赖于穿带时带料厚度、温度、速度、化学成分和重量等其他因素的影响。故控制实现较复杂，在实际生产中推广应用较困难。

在升套初始阶段，带钢由于动态速降形成最大套量，而活套以最大速度起套，活套臂迅速上升；在活套角度上升到设定角度以前就切换到电流控制方式，进入套高闭环控制方式，这时动态速降正在逐渐恢复，但是套高闭环系统在套角上升到设定角度之前一直让上游机架加速，从而依然维持着较大套量。同时活套在电流方式下给出与设定角度相对应的工作电流，活套电磁力矩变小，活套臂上升趋势变缓，活套摆动动量变小。从而避免了活套与带钢接触时活套撞击带钢，实现活套与带钢的软接触。在此过程中，只需根据各个活套不同的机械零位角、升套响应速度、转动惯量等具体因素，整定出合适的从升套过程进入套高闭环的切换角度，完全避免了依靠建立复杂数学模型来实现活套升套软接触的困难。

（5）活套升套高度闭环控制改起套位置环控制　活套起套阶段为了满足活套快速起套的要求。一般采用位置换控制，保证活套迅速起套。但是位置环控制往往会出现超调，也就是说起套过程中会造成活套剧烈的撞击带钢造成拉钢，该现象在极限薄规格更为明显。另外，在超调后有位置换，再切换到张力环又往往会造成活套的扰动。还有，超调现象极大地造成轧制极限规格穿带不稳定，使头部产带跑偏，造成头部炸烂，甚至废钢。对控制算法进行改进，即直接使用张力环控制起套。起套阶段根据快速起套的要求定量

补偿张力值，此举明显地改善了极限薄规格头部因活套拉钢引起的窄尺现象。

（6）活套落套小套方式　在轧制 2.0mm 以下薄规格时，由于抛钢速度快，如果活套落套滞后，会间接造成甩尾，导致尾部炸烂或尾部板型不好；特别是末机架甩尾后引起轧辊粘肉造成辊印质量事故。采用通常的落套控制，很难实现抛钢瞬时落套。但通过轧制信息等多样化处理，可以更准确地得到抛钢信息；再根据带钢尾部位置监测（通过抛钢机架上一机架压力继电器 OFF 信号加延时）实现提前落套。进而避免了活套因为失张造成向上运动，明显改善了甩尾现象。

（7）活套零飘补偿　零飘问题的存在，影响了活套控制系统可靠控制及其张力闭环的稳定精度。可以在测试方式下，通过位置闭环来找到控制系统的真实零飘。补偿后，可以显著改善液压活套控制系统的性能。

3　结束语

热连轧线液压活套控制的技术改进，是理论与实践相结合的工作，其实际效果与工艺装备、维修保养等多方面因素相关。所涉及的专业范围较宽，需要工作原理工况环境与结合，协同配合。通过不断实践，认真分析总结，完善和优化液压活套控制的技术，从而确保设备的经济平稳运行。随着轧机速度与轧制负荷越来越大，以及轧机设备性能的提高、技术的不断革新，对液压活套控制的技术会有更高的标准、要求。如何提高液压活套的使用寿命和使用性能，为“安全、稳定、高效”生产奠定基础，是我们有待于优化的问题。由于笔者水平有限，加之轧机的类型、使用工况等差别很大，很多方面还有待各使用单位的相关人员在工作实践中不断充实和完善。

参考文献

［1］　宗胜悦，郭强，凌智．液压活套控制系统控制策略及工程应用［C］// 中国钢铁年会．北京：冶金工业出版社，2005：482.

［2］　童朝南，武延坤，宗胜悦，等．热连轧中液压活套系统数学模型的研究［J］．系统仿真学报，2008，3（6）：1381－1389.

道法自然的微量切削润滑工艺

李东进
（200051　上海富示科机电设备有限公司）

摘　要： 通过对德国某公司微风润雾式微量切削润滑工艺的奥秘初探，对道法自然的立意在微量切削润滑工艺中的应用进行解析，以期对同行能有所启发，并在进一步的中德技术交流合作方面起到积极推广作用。
关键词： 微量切削润滑　微风润雾式　绿色加工　可持续制造　模块化　灵活性　可靠性

1　引言

微量切削润滑（准干切削、近干切削）作为传统切削液喷淋等方式与干切削之间的中间途径及理想方式日益得到重视与关注，且理论和实践上不断有新突破和进步。传统制造强国德国，高度重视环保，并不懈追求品质，在微量切削润滑理论与实践方面，有着出色表现。

德国行业标准 DIN69090 于 2011 年底正式颁布，其中涉及某些公司的专利诉求，也印证了该领域复杂多元。微量切削润滑涉及刀具、夹具、主轴、润滑装置、专用润滑剂及机床本身，以及充满挑战的加工要求（难加工材料、生产效率、刀具寿命等）；本文试图解析这种新工艺，凭其独到的创新，突破性地丰富了德国该领域理论与实践，为微量润滑更好地服务于机械加工提供了切实可行的新可能。

2　微量切削润滑工艺初探

（1）德国微风润雾式微量切削润滑系统　从自然界的云雾得到启发，利用压缩空气输送，而且和微风一起送出微细液气雾（气溶胶），无孔不入、无处不往的特性将润滑液气雾稳定持续地输送到工作点，润滑刀具与工件，并随风将切屑与热量带离刀具与工件，故笔者将它译为“微风润雾”，见图 1。



图　1

微风润雾式工艺有以下不同等级的装置，即 H05 为液气雾混合喷嘴、H20 极细雾化喷射器、H40AI 液雾喷射器。①H05 适用于简单的机床，必须装在主轴上方工作，经济型；②H20 适用于几乎所有的加工种类，可编程，最多 6 个润滑程序；③H40AI 适用于几乎所有的加工种类，可编程，最多 64 个润滑程序。

装置均可对现有机床进行改造。针对工艺的单一性或多样性，开发以上单种加工润滑模式或多种加工润滑模式的装置，可给客户提供适合工况的完整方案，同时做到物尽其用的最佳经济性。

在润滑液方面，三种装置可以将润滑液化成颗粒平均分布在 0.1 ~ 2μm 以内的微细液气雾。其中 H40AI 装置产生的雾粒在 0.1μm 以内，三种装置产生雾粒在 0.3 ~ 0.5μm 内的概率均在 90% 左右，而且能保证 30min 内雾状不变。

微风润雾式工艺对刀具、夹具、主轴的通道方面的要求变得大为简化，只要保证主轴适合干切削，对复杂的接口等硬件要求大大降低，这也主要赖以微风润雾那无孔不入、无处不往的特性。

微风润雾式工艺装置与刀具、夹具、烟雾过滤、润滑液、控制系统等一起开发，并在汽车制造、机床公司、科研机构、高校等不断进行应用试验，围绕装置优化、配套工艺试验（如液氮冷却 + 微风润雾式）、切削液研发、拓展应用工艺等诸多方面不断完善发展该技术。

（2）微风润雾式微量切削润滑工艺奥妙初探

1）道法自然——对润滑液物理法则的应用。微风润雾式工艺原理就是如何将液体变成雾，使润滑液的微细颗粒组成凝聚润滑功能的微风，润滑液在微风润雾式工艺装置中形成高而稳定的粘附性，可以几乎

没有损耗地被输送到工作点，即润滑液以雾状液气悬浮物自动从高密度区位通过最细小的缝隙。

2）细节解读——机理奥妙之初探。微风润雾式工艺，原理上通过将润滑液雾化到此前方法从未达到过的微细程度，在主轴内不用特别高的压力对之进行可靠稳定输送，列举某些工况的工作压力如下：雾化喷嘴压力 8.5bar，润滑液压力 6.8bar，雾状液气悬浮物压力 6.5bar。

切削液气雾的产生、输送、稳定是影响微量切削润滑系统正常有效工作的关键条件，特别是对于内润滑方式来说，碰到小于 3mm 直径的刀具及润滑通道直径小于 0.5mm 的情况，简直无计可施。由于微风润雾式工艺的独到性，它可以轻松地解决这种输送问题，不会碰到润滑量不够、内通道受阻挡等问题。

其特点：微风润雾式工艺装置可以实现从极少到很大润滑液量的精确控制，气、液、雾状悬浮物量均可随时调控。在工艺装置方面，为确保稳定工作，除液气混合雾发生装置外，还可采用独立的贮存罐，使雾量、液气混合比例等独立控制；根据工况需要，可以外接喷嘴，做到内润滑与外润滑模式同时工作；通过专用控制器或现场总线可以最多控制 64 种程序；专用调控器负责液气悬浮雾的均匀生成；通过参数化程序设定可以保证在不同润滑液间进行切换时，所预选程序的润滑液量保持一致；电气控制布置在一个独立的控制盒里。另外，还可考虑给多台机床同时服务的自动润滑液添加单元。

据介绍在某汽车生产线上用一台微风润雾式装置负责可以满足全部 109 把刀具的切削润滑。

微风润雾式工艺尽管采用对人体无害（至今未证明有害）的润滑液，而且实践中加工消耗量要比传统切削液蒸发量还要少，但加工中产生可见烟雾总是一种“不舒服”。由于颗粒之小，以致一般过滤器不能对之过滤净化，这是一个“不足”。

自面世以来，微风润雾式工艺的应用效果每天在不断地得到验证，应用及优化试验也在许多层面展开。德国刀具公司 HORN 对其在难加工材料切削润滑中产生出人意料的效果非常信服特别是对 TBT 深孔加工中的润滑与快速排屑（太多润滑液雾会粘屑）问题，都可由微风润雾式工艺的足够多但尽可能少润滑雾量的精确控制来巧妙解决。

涉及内润滑相关因素及条件毕竟比较多，该公司建议试用前确认机床及其加工参数等要求，根据工况在该公司做试验后再现场试用，比如针对最复杂的装置 H40AI 的应用，事先需确认：带内润滑孔但没有干扰键槽的主轴（是适用的）、不带截止阀的回转接头（能干式加工）（是适用的）、回转接头接口/通过接插的回转接头的管外径 12mm，包括相关刀具及其夹具的建议。

3 结束语

模块化、灵活性与可靠性是微风润雾式工艺设备的特点，模块化是基础，灵活性是补充，可靠性通过全面质量管理各个环节来有效保证实施。

道法自然，回归自然，绿色加工、可持续制造与幸福人生、和谐社会相互交融，其间挑战在激励着我们，共勉！

同步电动机集电环电灼伤故障分析及处理

朱传磊　徐亚军　于经国　曹丕磊　王　蒙
（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：结合1580mm热连轧工程及对现场同步电动机的维护经验和处理故障的体会，介绍了同步电动机集电环产生电灼伤的原因，阐述和分析了故障现象及其解决方法。

关键词：同步电动机　集电环　电灼伤　故障分析　故障处理

1　引言

交流同步电动机具有响应速度快、过载能力强、转矩恒定、功率因数高及维护方便等优点，被广泛应用在轧钢企业的主传动上。日钢1580热轧带钢厂主传动电动机采用哈电生产的6000kW凸极交流调速同步电动机，主要参数：额定功率6000kW、额定电压1650V、额定电流2184A、励磁额定电流592A、励磁额定电压168.4V、频率（6.67/13.33）Hz、转速（50/100）r/min。调速系统采用交－交变频调速系统，由三相交－交变频器供电，全数字多处理器控制系统SIMADYN－D控制，是典型的交－交变频矢量控制传动系统。

粗轧下辊主电动机自2006年11月投产以来，一直运行良好。但自2011年5月中下旬至8月26日，集电环负极表面出现不规则的电灼伤现象，电刷磨损严重，更换电刷频率为4h/次，且由于碳粉的原因，导致主电动机整体绝缘下降，严重制约了生产，如图1所示。



图1　同步电动机集电环表面电灼伤图

2　集电环电灼伤故障原因分析

（1）电刷引起的灼伤　据统计，在所有集电环故障中，50%以上与电刷有直接或间接的关系。电刷的跳动会造成跳火，严重时会产生环火，甚至引弧烧坏电刷、刷架、集电环及其绝缘保护。因此，在集电环电灼伤故障中首先要考虑电刷的原因。

1）电动机刷握结构型式及电刷压力机构不合理。电刷与刷握间隙配合不当会产生卡死或附焊。目前大部分都采用恒压弹簧与可调式压簧刷握，正常情况下，随着电刷的不断磨损，压缩弹簧可自行调整电刷的压力。但在实际使用过程中由于种种原因，如电刷与刷握间隙过小，经过长时间的使用，粉尘进入刷握而堵住了间隙，卡住电刷，使其不能在刷握内上下自由滑动；如果电刷与刷握之间的间隙过大，电动机高速运行时产生振动及离心力会造成电刷在刷握内晃动，影响接触的稳定。弹簧的质量及弹簧与电刷安装尺寸的误差将会造成电刷受力不合理，从而形成电刷与刷握侧壁产生电流通路导致热电黏附效应，使集电环电灼伤现象出现。

2）电刷压力调整不当。弹簧压力过大时电刷与集电环之间的摩擦力同时增大，电动机高速运转时电刷与集电环的表面机械磨损加剧，摩擦力引起的发热大幅增长；弹簧压力过小时电刷与集电环接触不良，电气磨损增大，易产生电火花，严重时灼伤集电环产生凹凸不平的麻点。

3）不同型号的电刷混用。由于电刷的耐磨性能各不相同，使用寿命也不一样。如果更换电刷时误换了允许电流密度较小的电刷，会使部分电刷提前损坏，从而引起集电环温度上升。

（2）电动机部件安装配合不当　电动机部件装配不当。如电动机轴与集电环的装配之间存在间隙或未

达到安装要求，轧钢时的冲击造成集电环与轴之间出现径向跳动，使电刷在集电环上的运动轨迹不规则，即在同样的集电环圆周表面上，集电环跳动时部分电刷与集电环之间的间隙增加，加之此时的励磁电流最大，使集电环与电刷之间出现电弧，导致集电环电灼伤现象发生。本文所述的电灼伤故障就是这种原因导致的。

（3）集电环质量差　主要是集电环材质差，集电环径向偏摆，椭圆度偏差超限，电动机组装时电刷表面与集电环工作面有油污和异物进入等，也会造成集电环电灼伤发生。

（4）日常检修管理不严　检修人员责任心不强，没有及时清扫集电环表面与刷握内的粉尘，使散热条件变差；集电环与电刷磨损过多没有及时更换，造成电刷压力不足，使电刷与集电环之间间隙变大，轧钢时励磁电流较大，导致集电环电灼伤发生；更换电刷时，新换电刷与集电环接触不良，使有效接触面积减小，致使集电环出现电灼伤。

3　集电环电灼伤故障处理过程

（1）电刷的处理　根据集电环表面出现的电灼伤及电刷的磨损情况，首先怀疑是电刷的质量原因和集电环不圆电刷存在弹跳产生的。针对以上两个问题先将原国产电刷更换为摩根 D172 电刷，运行一段时间发现故障依旧；通过对电动机维修厂家的咨询又将摩根 D172 电刷更换成 J204 含铜电刷，运行时火花较大，故障依旧。同时对集电环同轴度进行了测量，未发现异常，具体处理过程如下：

1）最初发现在咬钢时出现电刷与集电环打火现象，在集电环氧化膜上有明显的烧灼痕迹，更换电刷打磨集电环，故障依旧。

2）在 6 月 27 日检修后，更换了上海摩根 D172 电刷，对压簧全部更换，并对刷架进行了调整。再次对集电环进行打磨沙光，但次日发现故障依旧。

3）7 月 1 日利用检修时间把励磁线进行对调，对调后故障现象转移到另一个集电环上，通过测量发现电灼伤现象总是出现在集电环负极上，并对下辊电动机励磁电流波形采集进行分析未发现异常，如图 2 所示。

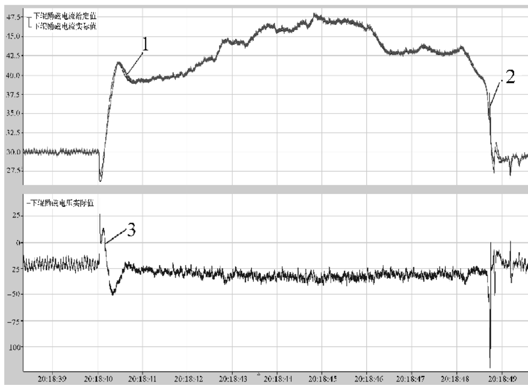


图 2　下辊主电动机励磁电流及电压波形

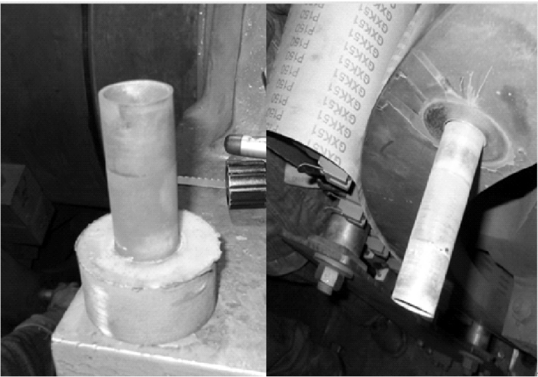


图 3　集电环绝缘套管内碳粉

图 2 中，纵轴为各变量的最大值的百分数，电流实际值为最大励磁电流的百分数（最大定子电流为 1200 安培）；横轴为时间，单位为秒。曲线 1、2 分别为电动机励磁电流实际值和给定值，曲线 3 为电动机励磁电压实际值。

4）7 月 12 日利用检修，将上海摩根 D172 的电刷更换为 J204 含铜电刷，运行后发现在正负集电环上都存在打火现象，特别是在咬钢和抛钢时有较严重的打火现象，负极比正极严重。

5）7 月 13 日将电刷换回为 D172 电刷，故障依旧。

（2）集电环绝缘的处理　通过对电刷更换和集电环同轴度的测量，排除了电刷质量和集电环不圆造成的电灼伤现象。但在处理过程中发现集电环对地绝缘较低，用 500V 摇表测量对地绝缘只有 0.1MΩ。经过

分析认为有两点可能，一是集电环绝缘较低，可能有对地漏电流存在，导致集电环电灼伤现象出现；二是怀疑励磁绕组有接地或匝间短路的现象存在。针对以上两点进行了如下处理：

1）7 月 5 日利用检修对电动机励磁绕组进行吹扫，对集电环绝缘情况进行测量，发现正负集电环对地绝缘阻值均为 0.1MΩ。对集电环进行处理，将集电环联接螺栓拆开后发现绝缘套管内有碳粉（图 3），对其进行吹扫打磨、酒精擦拭后情况有所好转，绝缘分别升至为 4MΩ 和 5MΩ。集电环电腐蚀现象有所改善，但效果不明显，需要每 2 天对集电环进行打磨 1 次，更换电刷 2 次。

2）采集曲线进行分析，励磁电流空载时为额定电流的 25%（400A）左右，带载时最高 65%（950A）。经过分析发现励磁电流给定值和实际值偏差约为 1% 左右，电流电压的偏差均在允许范围内，如图 2 所示。通过对波形的分析可以排除励磁绕组存在接地的现象。主电动机运行时用眼睛观察电刷，无弹跳现象。

3）7 月 19 日利用检修，将刷握与集电环之间的距离调整为 3mm，调整之前为 7mm；将正负集电环与励磁绕组的连接铜排拆开测量励磁绕组对地绝缘电阻为无穷大，直流电阻合格，未发现励磁绕组存在接地现象，但故障依旧。

（3）励磁装置的处理　经过对主电动机电刷和绝缘的处理及对专业电动机维修厂家的咨询，分析认为下辊励磁装置可能存在问题。利用检修时间对下辊励磁装置功率单元进行了更换，更换后有所改善，电压电流波形如图 4 所示。但在 8 月 10 日发现碳粉增多，检查发现集电环再次出现电灼伤现象。处理过程如下：

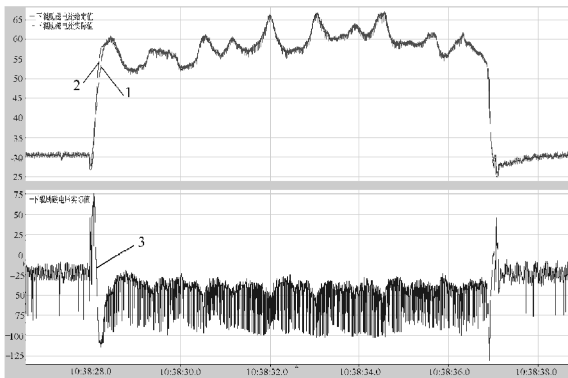


图 4　晶闸管更换后第二道次电压电流波形

1—电流实际值　2—电流信号值　3—电压实际值

1）7 月 26 日利用检修，将粗轧下辊励磁装置脉冲触发板更换，将直流侧快速过电压保护装置和续流电阻拆除，使励磁装置输出侧只连接励磁绕组；并对晶闸管和励磁电缆进行测量，绝缘电阻分别为 8MΩ 和 12MΩ，检查晶闸管门极脉冲线，测量触发脉冲未发现异常。

2）8 月 5 日检修前发现下辊励磁接地，励磁接地检测显示只有 10kΩ，低于 70kΩ 装置报警。并且发现刷架正负极之间存在打火现象，低速转车时励磁正负极短路，励磁装置因过流跳闸。更换下辊励磁装置功率单元和更换下辊励磁装置功率单元和定子脉冲触发单元。

3）8 月 6 日检查发现下辊集电环电灼伤现象有所改善。对下线晶闸管进行测量发现 6#晶闸管阳极与阴极之间绝缘电阻偏低为 80kΩ，其他晶闸管为 200kΩ。将下线 6#晶闸管送到生产厂家作专业鉴定，检查结果为晶闸管性能正常，阳极与阴极之间加 2800V 电压，漏电流在允许范围之内，判定晶闸管正常。

4）8 月 10 日发现集电环碳粉较多，检查发现集电环再次出现电灼伤现象。

（4）集电环松动的处理　经过对电刷、绝缘和励磁装置的处理，排除了以上因素引起的电灼伤现象。再通过细致的观察，发现下辊主电动机集电环在咬钢的瞬间存在异响，且集电环与轴系的接合处发现铁锈粉末，由此可断定集电环与轴之间松动。经过长时间的反复振动，造成了集电环与轴之间的绝缘损坏，最终导致电灼伤故障发生。故障的原因找到后进行了以下处理：

1）在集电环支架与轴上焊接 4 个直角的紧固件，消除了集电环的松动现象，电灼伤故障消失。但由于

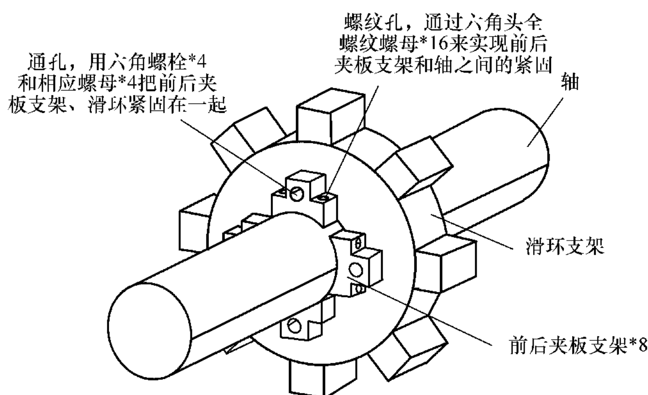


图 5　滑块固定示意图

主电机轴系是非可焊，且轧钢时冲击负荷较大，运行 5 天后紧固件开焊脱落，电灼伤现象随之再次出现。

2）在集电环支架两侧分别安装 8 个固定滑块，将两侧固定滑块用螺栓紧固相连在一起，通过六角全螺纹螺栓 M16 来实现前后夹板支架与轴之间的紧固，如图 5 所示。轧钢时进行测量发现集电环与轴之间的相对位移减小，轧机咬钢时由冲击造成的声音消失。自 2011 年 9 月安装后，运行至今再未出现集电环电灼伤现象。

4　结束语

通过对实际应用的交流同步电动机集电环电灼伤故障的介绍，希望能对有关人员分析和处理同步电动机集电环电灼伤故障有所帮助。交流同步电动机被广泛用作轧钢企业的主传动调速电动机，介绍同步电动机集电环电灼伤方面书籍或资料也比较少，上面是我们工作中的一些经验和体会，总结出的交流同步电动机集电环电灼伤故障处理方法，希望对有关人员有所帮助。

参 考 文 献

［1］　汤蕴璆，史乃．电机学［M］．北京：机械工业出版社，2002.

［2］　周德贵，巩北宁．同步发电机运行与技术实践［M］．北京：机械工业出版社，2004.

［3］　李崇坚．交流同步电机调速系统［M］．北京：科学出版社，2006.

热轧卷取机卷筒故障分析及修复

王　宾　王　军　赵　杰　陈金伟　王慧凯
（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：针对1580热轧卷取机卷筒故障较多的问题展开分析，提出消除故障的措施，总结了方案实施后所取得的成效。

关键词：卷取机　故障　修复　成效

1　引言

日钢1580热轧机组于2006年11月投产，投产初期，卷筒使用正常，2010～2012年初的一段时间，该机组卷取机多次出现卷筒心轴通油块、分配器掉落，造成心轴棱锥面及连杆套无法润滑、大量干油泄漏等故障，每次故障排除均需耗时6～10h；另外，因心轴棱锥面无法润滑，磨损严重，造成卷筒维修成本高，工人劳动强度大。

2　卷筒结构及工作原理

卷筒如图1所示。卷筒装配由卷筒、胀缩液压缸和旋转接头等组成。卷筒由空心轴、扇形板、心轴、柱塞和连杆等组成。其结构型式为柱塞连杆式。卷取时，胀缩液压缸拉动心轴，心轴上的棱锥面通过柱塞顶开扇形板，使卷筒胀开。卸卷时，胀缩液压缸推动心轴，心轴拉动连杆，通过连杆带动扇形板，使卷筒收缩。

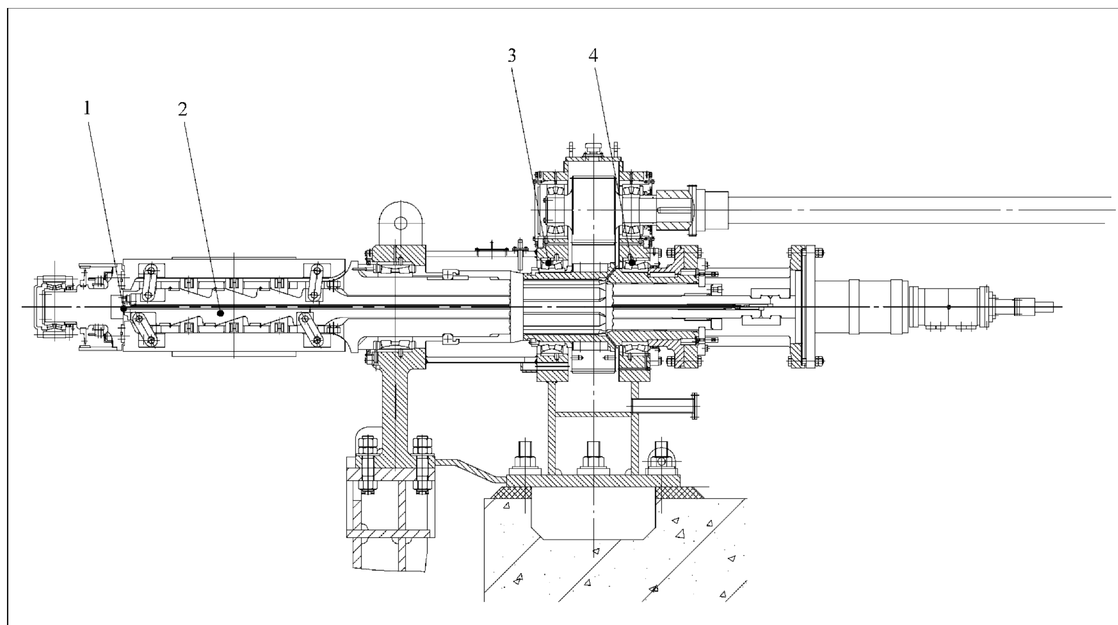


图　1

1—卷筒心轴通油块　2—卷筒　3—减速机低速轴左侧轴承　4—减速机低速轴右侧轴承

卷筒主要技术参数如下：卷筒最大胀径为 ϕ770mm；卷筒待卷胀径为 ϕ752mm；卷筒正常缩径为 ϕ730mm；卷筒事故缩径为 ϕ722mm；卷筒的有效长度为1580mm。

3 存在问题分析

经过对卷筒的测试、结构分析，通油块、分配器掉落的原因从轴承磨损、辊缝异常两个方面进行分析：

1）轴承磨损分析：以低速轴右侧轴承为例（上半部分），低速轴右侧轴承初始安装位置，如图 2 所示，其结构合理、运行平稳。轴承厂家 NSK，型号 331640A。到 2010 年，圆锥辊子轴承已经产生了较大的磨损，如图 3 所示，卷钢时，受带钢头部的冲击，造成卷筒产生较大的轴向与径向窜动，卷筒心轴通油块出现掉落的事故。

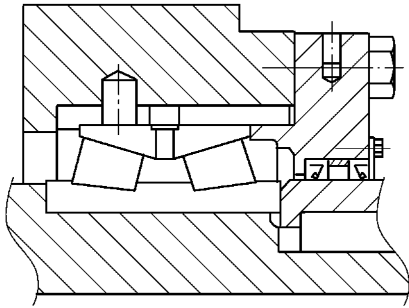


图 2

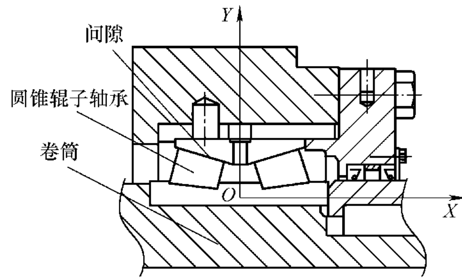


图 3

2）受力分析：因为圆锥辊子轴承已经产生了较大的磨损，必然会造成卷筒与助卷辊间的辊缝异常，加上自动控制踏步功能不完善，导致卷筒受力加大，产生了更大的振动。举例：假设板带厚度为 4mm，当辊缝为 3mm，板带的冲击力为 1，则卷筒与助卷辊受力分别是 $F_1 = F_2 = 1/\sin5° = 11.47$，即为冲击力的 11.47 倍，如图 4 所示。

3）通油块的紧固形式，如图 5 所示。由 4 颗螺栓紧固在心轴上，紧固螺栓的强度需要加强，另外，分配器的紧固形式不甚合理，抗振的较差。

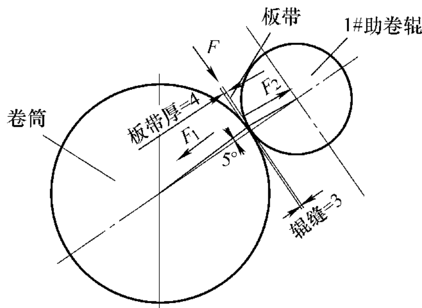


图 4

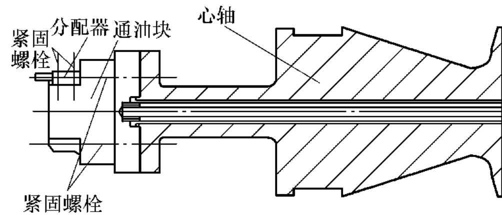


图 5

4 维修措施

由以上分析看出：造成卷筒心轴通油块掉落的主要原因是圆锥辊子轴承产生了较大的磨损，次要原因是通油块、分配器紧固强度不够，紧固形式不合理。

由此制定的维修措施为：①更换圆锥辊子轴承（连带空心轴、齿轮）。②对通油块、分配器结构改造，增强通油块紧固螺栓的强度，分配器由外置紧固形式，改成内置紧固形式，并且增加紧固压盖（图 6，委托卷筒修复厂家进行改造）

2012 年 4 月，利用一次较长的检修时间，对 2#卷取机减速机进行了更换圆锥辊子轴承总成。2012 年 8 月，利用大修时间，对 1#卷取机减速机进行了更换圆锥辊子轴承总成。

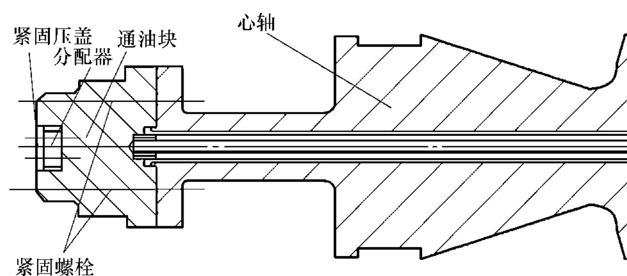


图 6

5 结束语

经过维修、改造，彻底解决了卷取机卷筒故障率高，生产效率低下等问题，延长了卷筒的使用寿命，降低了卷筒维修费用。在取得较大经济效益的同时，极大地降低了工人的劳动强度，同时为国内卷筒的使用提供了良好的经验。

参 考 文 献

［1］ 周国盈．带钢卷取设备［M］．北京：冶金工业出版社，1992.

IMS 平直度仪的常见故障及处理

徐亚军　朱传磊　曹丕磊　王　蒙　王朝兵
（276806　日照钢铁控股集团有限公司）

摘　要：结合对平直度仪的维护经验，介绍了 IMS 平直度仪的测量基本原理，系统构成，并详细介绍了常见故障及处理方法，为平直度仪的维护提供有力的帮助。

关键词：热轧带钢　平直度仪　常见故障　处理方法

1　引言

日照钢铁有限公司投资建设的 1580 热轧带钢生产线，设计年生产规模为 200 万 t，产品规格厚度为 1.2～14mm，宽度为 700～1430mm，主要产品有碳素结构钢、优质碳素结构钢、低合金高强度钢，并陆续开发了新产品：SPHC、Q345B、510L、X52、330CL、S290、S360、花纹板、SAE1008、船板钢等。生产线机械设备由第二重型机械集团公司设计制造，轧机在技术装备上，积极采用新工艺、新技术、新设备，包括 R1 连续轧机、热卷箱、飞剪、F1－F7 精轧机和 2 台卷取机，具有国内先进的工艺质量控制技术、自动化控制技术，具有世界领先的在线带钢断面厚度轮廓及平直度检测仪表，产品质量控制水平已经达到国内同类轧机先进水平。

产品质量的提高离不开精密的检测仪表，1580 热轧带钢厂就引进了德国 IMS 公司的平直度仪。IMS 平直度仪安装于精轧 F7 出口，测量的数据反馈到 1 级自动化控制系统。根据平直度仪检测带钢实际平直度值，与目标平直度值进行比较，得到平直度反馈控制偏差，并依次通过调整 F7、F6 机架的弯辊力和辊缝，以消除平直度偏差，如图 1 所示。

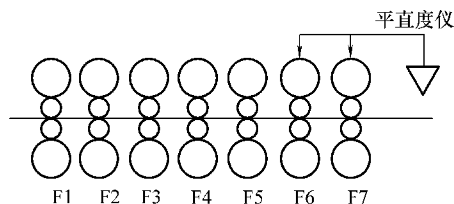


图 1　平直度仪在生产中的应用

2　测量原理

传统的平直度测量系统是用激光通过三角测量法工作。激光源被放置在距离钢板表面约 400mm 的位置上，通过线扫描摄像机和镜头检测钢板上激光的位置来反映钢板的翘曲程度，如图 2 所示。

随着 3D 技术和高分辨率照相机的发展，基于条纹投影技术的平直度仪被广泛应用于热轧带钢领域。条纹投影法测量平直度的原理就是把投影仪安装在带钢表面的正上方，把 60 道亮/暗条纹阵列投射到测量带钢表面，并在带钢表面宽度上铺满；再在带钢轧制方向的前上方装有 CCD 矩阵相机，连续纪录在带钢表面上亮/暗条纹图像，并将图像发送给中央控制单元，经中央处理单元处理计算后输出测量的平直度，如图 3 所示。

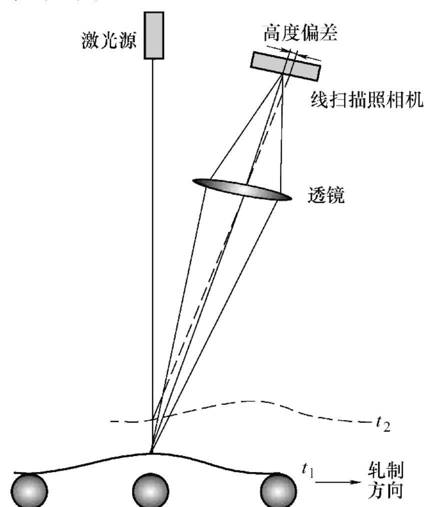


图 2　激光三角法原理图

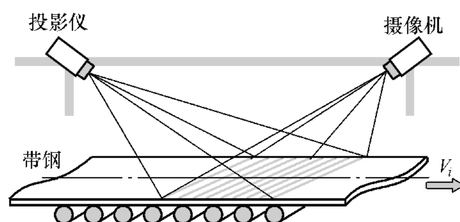


图 3　条纹投影法原理图

3　系统组成

IMS 平直度仪主要由投影仪、CCD 相机、图像采集卡、主控中心及人机界面组成。其中主控中心由 3 台控制器 M－CLIENT 和 1 台服务器 M－SERVER 组成，服务器作为程序开发机和通信路由器，也为人机界面提供服务；控制器完成数据采集运算和输入输出任务。投影仪有一系列的透镜组成，将卤素灯泡的点光源变成面光源，经光栅玻璃片将条纹光透射到带钢表面。CCD 相机连续拍摄带钢表面，并把拍摄的图像通过光纤发送给图像数据采集卡；采集卡再把图像信号传给服务器，服务器分析图片条纹的变形图像就可获取板形信息；通过适当的数据处理，便可计算出带钢平直度。

4　常见故障及处理

笔者在 5 年多的工作时间里，参与并处理了多起平直度仪的故障，经过认真分析故障原因，总结出了以下故障的处理方法。

（1）投影仪关机　投影仪关机原因是灯泡的使用时间太长，灯泡的性能下降导致电流过大跳闸，更换新灯泡后故障解决；还有可能是投影仪的熔丝小于 10A，开机后就烧断，更换合适的熔丝故障解决；还有可能是设备太热，热滞后开关保护动作，开启风机并增加风量故障解决。

（2）投影机灯泡不能点亮　灯泡点不亮的原因有灯泡到了最大运行时间，灯泡的更换周期为 750h，就是一个月的时间，更换后故障便可解决；还有可能是镜片侧面的百叶窗通风盖没有拧紧，把螺钉紧固，故障解决；还有可能是通风盖的限位开关损坏，更换后，故障解决。

（3）人机界面显示带钢的有大小不一的斑点，反馈平直度异常（图 4）　这种故障的原因有三种可能，一是带钢表面自身问题，如表面有积水；二是投影仪问题，所投射的条纹不平行；三是照相机镜头问题，镜头上有水雾或是甩上干油脂。针对这种故障，首先要通过照相机观看带钢表面是否有异物，若有水存在，应该将气吹的阀门增大并调整气嘴的角度，防止有水流到仪表的检测区域；其次是将投影仪的电源停掉，检查投影仪内的镜片是否有灰尘，是否有破裂的镜片；是积灰问题要用无尘纸擦拭镜片并更换冷却风机的滤网；若是镜片破碎要检查冷却风量是否不足，仪表房内温度是否温差较大，待查出问题后并将镜片换掉，换镜片时要注意镜片的顺序和方向；其次是检查照相机的镜头挡板的表面，是否有遮挡物，清理掉就可以了。通过这三种方法故障就基本解除了。

（4）M－Client 通信故障（图 5）　这种故障可以将显示器连到故障的 M－Client 上，在显示器上显示没有发现启动盘，导致系统启动失败。原因是 M－Client 的主板 BIOS 的电池失效，引起错误开机。在开机时单［双］击键盘 DEL 键，进入 BIOS 设置，将 Standard CMOS 中 Drive A 把“1.44M，3.5 ”改为“None”；IDE Secondary Slave 中把 Access Mode 由“Auto”改为 LBA，保存退出，重启正常。等电池备件到货后将旧电池换掉，BIOS 的设置就会保存到主板上，再重启时就不会出现这种情况了。

（5）人机界面显示区域图像断续，测量区域单侧浪形较大（图 6）　这种故障检测区域图像不完整，一是测量路径内有遮挡物，造成仪表检测边缘时有时无；二是投影仪的投影偏斜，条纹偏向一方，仪表检测不到边缘所致。处理这种故障首先要检查测量通道是否顺畅，清理掉异物；其次要检查光栅条纹的亮度和位置。然后停电调整灯泡到中间位置，且灯泡的抽气接口要对准投影仪内部的标准孔；送电观察条纹恢复原来的位置和亮度，仪表测量正常。

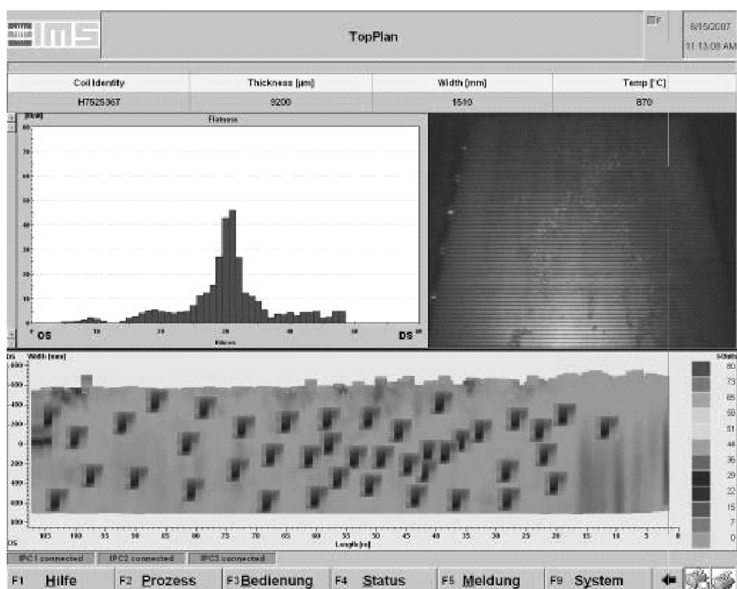


图 4　平直度斑点故障

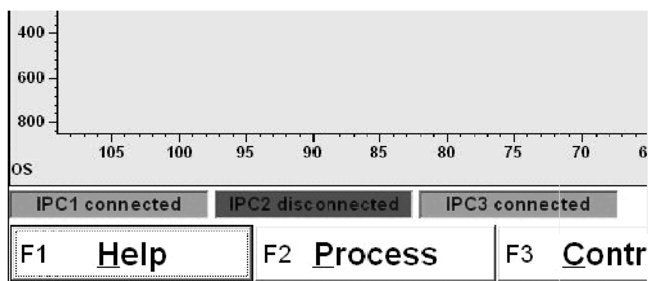


图 5　M－Client 通信故障

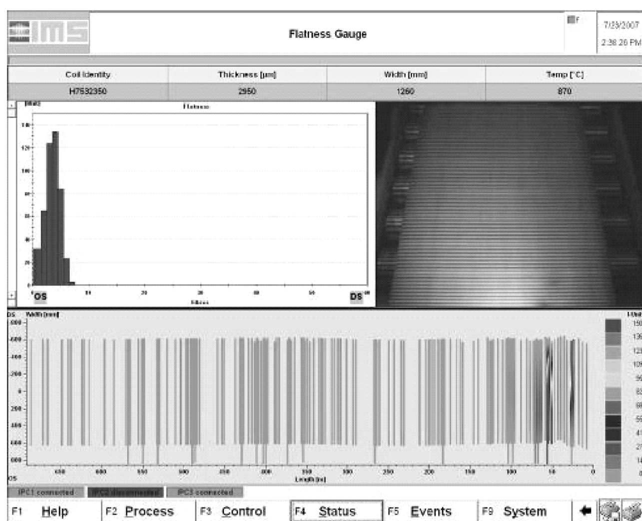


图 6　平直度断续故障

5　结束语

IMS 平直度仪性能稳定、维护量小，但是技术复杂，出现故障不容易判断。尤其是新接触仪表的员工往往不知从何下手，故障处理比较费时。若想对故障进行快速处理，就需要对仪表的工作原理了解，并对系统的结构清晰透彻。另外，经常对设备常见故障进行分析和总结，才能在以后的工作中得心应手。

参 考 文 献

[1]　孙剑, 张杰, 苏兰海, 等. 条纹图像边缘检测在热轧带钢平坦度测量中的应用 [J]. 光学技术, 2007, 33 (5): 781 – 784.

[2]　曹丕磊, 等. IMS 仪表在日钢 1580 出现的故障及处理方法 [J]. 电气传动, 2012, 42 (5): 53 – 55.

连铸拉矫机液压系统漏油监测及防控

唐易荣

（530080　武钢股份设备维修总厂）

摘　要：拉矫机是连铸机的关键设备，其液压系统管路通常处于高温潮湿的环境，容易破损漏油。且日常工作中不易被点检发现，对生产产生较大影响，严重时造成断浇，并增加了油脂消耗成本。本文通过为该设备的液压系统加装一套漏油监测系统，就能快速地反映液压系统泄漏情况，方便维修人员拿出针对性方案，保证了设备的正常运行。

关键词：拉矫机　液压系统　漏油　监测　防控

1　引言

拉矫机是连铸生产线上的重要设备，具有送引锭杆及铸坯矫直拉出的功能，该设备采用液压驱动实现上述功能。以某钢厂1#连铸机的拉矫机为例，从南到北顺次排列5个流子，每个流子由6台拉矫机依次排列，每台拉矫机为1t，从东往西依次称为1t、2t、3t、4t、5t、6t。其液压系统油管布置在拉矫机底部，经常处于高温且潮湿的环境中，油管容易破损漏油。由于油管所在位置不易观察，职工点巡检难度大，拉矫机曾多次在生产中出现大漏油事故，对生产造成极大影响。针对目前形势，在1#机拉矫机液压系统主油路上加装一套漏油监测系统。

2　漏油监测系统原理

液压系统不可避免地存在油液泄漏，油液的泄漏量 W 为进油流量 QP 与回油流量 QT 之差，即 $W=QP-QT$。液压系统的泄漏量通常包括两种，即瞬时泄漏量和过程泄漏量。

瞬时泄漏量，指的是某一时刻整个系统的总泄漏量，用 $\Delta W(t)$ 表示，对于一个正常运转的液压系统来说，其瞬时泄漏量通常保持在某一定值附近，如果在某一时刻，系统的瞬时泄漏量出现飞升突变，则往往预示着系统已经产生了前言中所说的大漏油了，应马上前往查找漏点并处理。

过程泄漏量，指的是系统在一段时间 Δt 内的总泄漏量，用 $W(\Delta t)$ 表示，Δt 可以是任意的一个工作时间段。对于一个运转良好的液压系统来说，在相同 Δt 的时间段内，$W(\Delta t)$ 通常也保持在某一定值 W_o 附近。如果在某一时间段 Δt 内，$W(\Delta t)$ 较 W_o 有较大的飞升突变。而在 Δt 时段内的各个时刻，其瞬时泄漏量 ΔW 并未出现过大的飞升，则往往预示着该系统中有密封件老化、有较小的故障隐患或有管接头松动等；也就是系统有小漏油现象，应停机检修，或更换失效的密封件，并对各管接头进行紧固，防止事故扩大化。

3　监测系统使用

如图1所示，钢厂1#机拉矫机液压系统的有3根总油管，分别是总热坯压力管PH，总冷坯压力管P及总回油管T。每一台拉矫机单元也分别有PH、P、T 3根油管。3根总油管分别分出6根分支油管，供应1~5流的1t，1~5流的2t，直至6t。每根PH、P分支管上都装有球阀。本文利用流量传感器和PLC来监测该系统的泄漏量大小，并在适当时刻进行报警。在3根主油管上分别安装一个流量传感器，对每一时刻的流量分别进行采样。

假设在某采样时刻测得两根进油管PH和P上的流量分别为 $Q_1(t)$，$Q_2(t)$，测得回油管上的流量为 $Q_3(t)$，则系统在 t 时刻的瞬时泄漏量为

$$\Delta W(t)=Q_1(t)+Q_2(t)-Q_3(t);$$

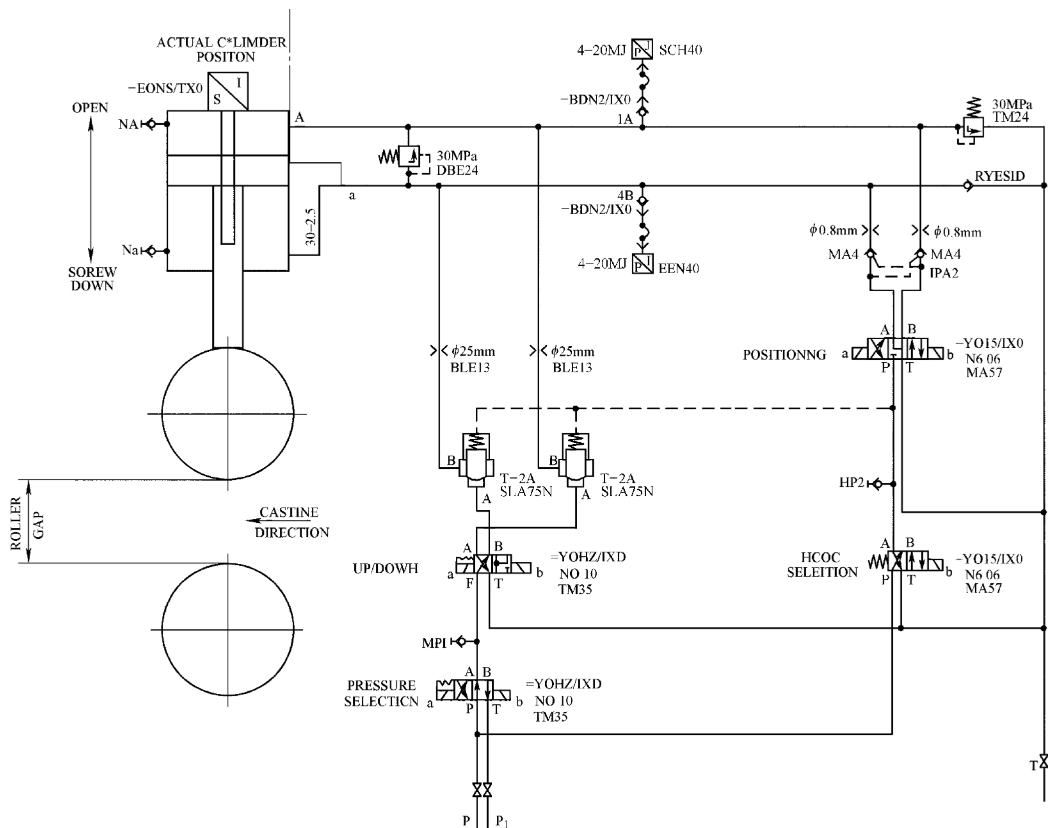


图 1　每台拉矫机工作液压原理图

则其过程泄漏量为

$$W(\Delta t)=\int_{t_o}^{t_o+\Delta t}\Delta W(t)\mathrm{d}(t)=\sum_{n=1}^{n}\Delta W(t+nT)T$$

式中，Δt 为工作时段；T 为采样周期；t_o 为初始工作时刻。

监测系统工作时，油管上的传感器分别不断地检测反映其所在处流量的电信号，经滤波及放大电路滤波后，送入 A/D 转换器变成数字信号，PLC 根据设定的采样周期 T，时刻采取这三个信号，通过运算处理，计算出此时刻的瞬时泄漏量 $\Delta W(t)$ 和此时刻以前的过程泄漏量 $W(\Delta t)$。

漏油监测系统原理图如图 2 所示。其中 1、2、3 流量传感器；4、5、6 滤波及放大电路由于 1#机拉矫机液压系统管路的特殊性，并非每台拉矫机都有球阀控制。因此，结合生产工艺及监测系统提供的数据，可以有效防控漏油事件。图 1 中的 YON2 阀为冷热坯压力切换阀，YON1 为抬起压下阀，YON6 为模式阀，负责切换轻压下模式和常规模式，YON5 为轻抬轻压换向阀。拉矫机动作见表 1。

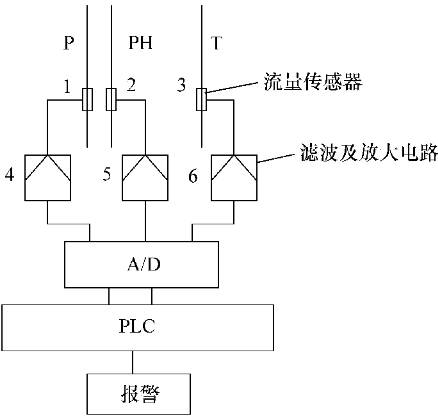


图 2　漏油监测系统原理图

1）拉矫机做轻压下时。此时 1～4t 的轻抬轻压需要 P 管供油，5～6t 处于热坯压下状态。当瞬时泄漏量 $\Delta W(t)$ 有飞升突变时，PLC 驱动报警装置报警，检查 $Q_1(t)$、$Q_2(t)$、$Q_3(t)$ 的值是否有大的变化，若有，则可推断对应的分支 PH、P、T 管存在泄漏，将全部 PH 油管关闭后观察 Q 值，如果无明显变化，说明 P 管漏油，听厂调意见是停机还是往油箱内注油保证生产，如图 2 所示。

表 1　拉矫机动作

动作 \ 阀号	YON1		YON2		YON5		YON6	
	a	b	a	b	a	b	O	b
冷坯压		●		●				
冷坯抬	●			●				
热坯压		●	●					
轻抬						●		●
轻压					●			●

2）如果拉矫机生产普通钢种，不做轻压下，1～6t 均为热坯压下状态，此时出现瞬时泄漏量 $\Delta W(t)$ 有飞升突变时，可将漏油地点附近的 P、PH 分支球阀全部关闭，不影响生产。

3）如果瞬时泄漏量 $\Delta W(t)$ 无明显变化，而过程泄漏量 $W(\Delta t)$ 在一定周期内达到设定值时，说明液压系统中有小泄漏，存在管接头松扣或者密封破损等情况，应及时利用停机检修时间查找处理。

4　结束语

利用该套漏油监测系统，结合拉矫机的生产工艺、管路特征，可降低维修职工的点检频率及效率，提高点检的精准度。同时在一定的条件下对漏油事件及时发现并做好应急处理措施，保证生产的继续性。

浅析触摸屏、编码器在刨床电气改造上的应用

李水山
（461000　许昌烟草机械有限责任公司）

摘　要： 结合许昌烟机一台单臂刨床的改造，分析触摸屏、编码器在刨床电器改造方面的应用。目的是研究老式大型刨床在改造中如何使操作更加简单、方便，以及故障率更低。

关键词： 触摸屏　编码器　刨床改造

1　引言

一台济南第二机床厂20世纪70年代生产的单臂刨床，型号为B115。工作台拖动直流电动机参数为：功率60kW，电枢电压220V，电枢电流305A。采用K－F－D发电机组调速方式，由交流电动机拖动直流发电机再拖动直流电动机，经交磁扩大机控制发电机的励磁系统，来改变直流发电机发出的电压，从而改变直流电动机的转速，达到工作台高低速的驱动要求，满足生产加工的需要。

原机床电气控制系统逻辑控制部分采用中间继电器控制，中间控制环节多，接线复杂，经常出现故障；更主要的是发电机组调速系统噪声大、能耗高、效率低，且经过多年长期运行，电气设备严重老化，故障频繁，已不能满足生产需要。基于以上原因，决定对B115单臂刨床进行电气改造。

2　单臂刨床（或龙门刨床）电气改造现状

目前，刨床电气改造多采用直流调速器—PLC—接近开关组合控制方式。这种组合方式技术已非常成熟，很好地解决了刨床的调速控制和换向控制。由于刨床的工作特性，工作台要频繁换向，换向动作的完成均由接近开关来实现。尤其在加工不同长度工件时，需要经常调整接近开关位置，这就给操作者带来麻烦。并且接近开关安装时感应头伸出长短不一，容易造成感应块撞坏接近开关。另外，操作悬挂上按钮器件过多，一是器件会损坏，二是接线多，给安装、调试及日后维护带来麻烦，同时也会增加故障隐患。基于以上原因，这次对单臂刨床电气改造，决定采用触摸屏配编码器的组合方式来实现机床的操作和工作台的换向。

3　触摸屏、编码器性能简介

（1）触摸屏　工业触摸屏，是通过触摸式工业显示器把人和机器连为一体的智能化界面。它是替代传统控制按钮和指示灯的智能化操作显示终端。它可以用来设置参数、显示数据、监控设备状态，并以曲线/动画等形式描绘自动化控制过程。更加方便、快捷、表现力更强，且可简化为PLC的控制程序，功能强大的触摸屏创造了友好的人机界面。触摸屏作为一种特殊的计算机外设，它是目前最简单、方便、自然的一种人机交互方式。

触摸屏有着良好的抗干扰特性与应用稳定性，在机床设备乃至工业生产线等不同应用环境下都有着广阔的应用前景。

（2）编码器　光电旋转编码器，是一种通过光电转换将输出轴上的机械几何位移量转换成脉冲或数字的传感器。在工业控制领域，编码器以其高精度、高分辨率和高可靠性而被广泛应用于各种位移测量。它是一种集光、电、机为一体的数字检测装置。作为一次光电传感检测元件的光电编码器，具有高精度、响应快、抗干扰能力强、性能稳定可靠等显著的优点。

4　触摸屏、编码器在刨床电气改造中的具体应用

刨床电气改造方面的应用案例和文献不少，且大多是介绍如何将直流调速器取代发电机组调速方式，以满足刨床工作台的稳定运行。这次改造也是应用易日DR801系列直流调速器来拖动工作台的运行，具体

方式在此不多赘述。下面主要介绍触摸屏、编码器在刨床电气改造中的具体应用。

（1）系统连线　示意图如图1所示。

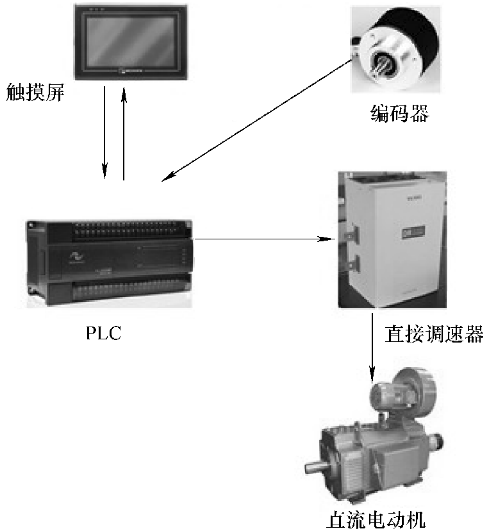


图　1

（2）图1中主要器件的作用

1）直流调速器：通过调节直流调速器输出电压的大小，改变电动机的转速，满足机床加工不同工件的速度要求。

2）触摸屏：触摸屏可以替代悬挂操纵站按钮，实现机床的各个动作功能；另外，在触摸屏上可随意设定工作台行程，满足不同工件的行程要求；再有，工作台的位移量可实时在触摸屏上显示，非常直观和方便。图2为触摸屏刨床操作界面。

从上面两幅操作界面可以看出，触摸屏在操作人员和控制机床之间架起了双向沟通的桥梁，通过在触摸屏内设置按钮、指示灯、对话框、组合文字、图表、测量数据等，来监控设备的运行状态。改变了过去操作人员根据控制设备面板上的一些信号指示灯和仪表，操作按钮来控制机床运行的做法；不但显示直观，故障率低，而且可大大提高了工作效率，避免了误操作。

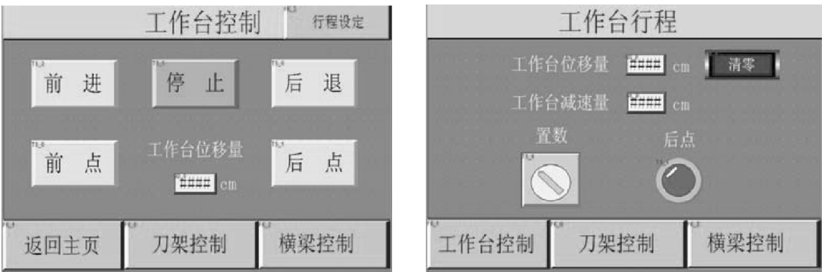


图　2

触摸屏能明确指示并告知操作人员机床目前的运行状况，即便是新手也能根据屏幕显示及提示很轻松地操作整个机床设备。使用触摸屏，还可以使整个机床的配线标准化（因为触摸屏和可编程序控制器PLC使用的是$4\times0.3\text{mm}^2$屏蔽电缆实现RS485通信，线缆细并通信稳定）、简单化，减少了与之相连的可编程序控制器等设备的I/O接口数量。不仅降低了生产成本，更主要的是可大大减少故障率。同时由于整个设备控制面板的小型化及高性能，也相对提高了整套设备的附加价值。

3）编码器：编码器跟随直流电动机旋转，发出脉冲信号，反馈给可编程序控制器PLC，与触摸屏设定的工作台行程位移量相比，来实现工作台的位移量和完成换向。

这种控制方式替代了老式的行程开关（接近开关）控制工作台的一、二级减速及换向功能（老式的行程开关（接近开关）经常会出现误动作等通病）即使用了旋转编码器这种控制方式后可以避免误动作，并可实现触摸屏随意设定工作台行程，还可以实时反馈工作台的位置显示等诸多功能。

5　改造后的效果

通过这次单臂刨床的电气改造，将触摸屏、编码器应用其中，不仅使这台老旧设备重新焕发青春，而且操作人员使用起来感觉非常方便和直观。由于触摸屏、编码器与PLC通信，都是采用RS485通信方式，中间接线大幅减少，给日后设备维护带来很大方便。

经过改造后的一年运行，效果非常好，且故障率低，机床运行非常稳定，达到了节能、高效、经济、实用的目的，取得了显著的经济效益和社会效益。

锅炉多级泵的优化选型和节能改造

刘剑祥

（724204　汉中锌业有限责任公司）

摘　要： 通过对现有锅炉及配套多级泵运行参数进行对比分析计算，对多级泵进行优化选型、节能改造，从而达到降低锅炉多级泵故障率、节约电耗的目的。

关键词： 锅炉多级泵 优化选型 节能改造

1　引言

锅炉多级泵是锅炉安全经济运行的重要设备。工业锅炉多级泵连续运行时间长，且对其可靠性要求高，通常每台锅炉配套两台多级泵。汉中锌业有限责任公司现有连续运行的各种规格多级泵 15 台以上（不含备用泵）。根据长时间的统计分析计算、查阅有关技术资料，发现本公司所有锅炉多级泵普遍存在与锅炉实际运行需要的流量、压力不太匹配，多级泵给水压力与相应锅炉最高工作压力高出太多的不合理超配现象，即多级泵级数偏大，普遍存在超配二级以上。由于多级泵压力偏大，通常出口阀开度小，造成泵憋压严重；多级泵两端密封处泄漏严重，平衡盘受轴向推力大、磨损快，故障率高，且检修频繁，耗电能高。

经统计计算，全公司连续运行的 15 台多级泵若全部进行优化选型或进行简易节能改造，可降低配用功率共计约 259kW，降低总轴功率约 168. 2kW，降低实际消耗的电功率 168. 5kW。多级泵按 24h 连续运行 350 天、每度电按 0. 55 元计算，每年可给公司节约电费约 77. 8 万元以上。近两年已先后实现了对本公司 6 台多级泵进行了优化选型或简易节能技术改造，既保证了多级泵的安全运行，又取得了较好的节能成果，每年可给公司节约电费约 34. 63 万元以上。

2　多级泵节能改造实例

1）公司制酸Ⅲ系统余热锅炉型号为 QCF33. 9/890 – 10. 4 – 3. 5/435 型，原配给水泵为 DG25 – 50 × 12 型多级泵，效率 54%，轴功率为 75. 67kW；配套电动机功率为 90kW，额定电流为 167A。日常运行电流为 110A 左右，则实际消耗的电功率约为 $3^{1/2}VI \approx 1.732 \times 380 \times 110W \approx 72.4kW$。

2010 年 5 月份经公司的同意改为 DG12 – 50 × 9 型多级泵，效率 48%，轴功率为 31. 9kW，配套电动机功率为 45kW，额定电流 83. 9A。改造后泵的轴功率降低了 43. 7kW，配用电机功率降低了 45kW，实际运行电流为 70A 左右，则实际消耗的电功率约为 $3^{1/2}VI \approx 1.732 \times 380 \times 70W \approx 46.1kW$，实际消耗的电功率下降约 26. 3kW，每年可节约电费约 12. 15（26. 3 × 24 × 350 × 0. 55）多万元。改造后运行两年多时间，各方面情况较好，符合改造预算效果。

2）制酸Ⅳ – Ⅵ系统三台余热锅炉型号均为 QCF33. 9/890 – 11. 5 – 4. 5/435 型，现配给水泵均为 DG12 – 50 × 12 型多级泵，流量 12. 5m^3/h，扬程 600m，效率 48%，轴功率为 42. 6kW，配套电动机 75kW，额定电流 139. 2A，实际运行的平均电流为 110A。根据锅炉运行参数及实际使用情况，余热锅炉实际使用压力最大为 3. 7MPa，蒸发量通常为 9 ~ 11t/h；考虑管阻、泄漏及排污损耗，则泵的流量选择 12m^3/h，扬程选择 500m 为宜。故原多级泵应改为 DG12 – 50 × 10 型，轴功率降为 35. 5kW，配用电动机可配二级 55kW，额定电流 100A。改造后泵的轴功率可降低 7. 1kW，配用电动机功率可降低 20kW。

2011 年 3 月份对制酸Ⅴ系统余锅 2#给水泵采用取掉两级叶轮用等厚的轴套替换的方法，进行简单节能改造，虽配套电机功率未能相应改小，由于泵的轴功率降低了 7. 1kW，也取得了较好的节能效果，每年可节约电费约 3. 28 万元。

2012 年 9 月份对制酸Ⅳ系统余锅 2 # 给水泵由 DG12 – 50 × 12 型改为 DG12 – 50 × 10 型多级泵，配用电动机功率由二级 75kW 改为二级 55kW，实际运行电流为 90A 左右，平均消耗的电功率可降低 13. 16kW，运行情况良好，每年可节电约 6. 1 万元，符合节能改造预期效果。

3）电锌四车间三台流化床锅炉，额定蒸发量为 25m^3/h，额定压力 3.82MPa，原配三台给水泵均为 DG25－50×12 型多级泵，流量 25m^3/h，扬程 600m，效率 48%，轴功率为 85.1kW，配用电动机为 Y280M－2 型，功率 90kW，额定电流 167A。由于锅炉额定压力为 3.82MPa，约合 403m 扬程，实际使用最高压力约 3.5MPa，约合 369m 扬程，考虑管阻、泄漏及排污损耗，泵的扬程应选大于或等于 443m 为宜。故锅炉配套多级泵应选择 DG25－50×10 型多级泵为宜，效率为 48%，轴功率为 70.9kW，配用电动机为 Y280M－2 型，功率 90kW，在保证锅炉给水流量和压力情况下，改造后每台泵消耗的轴功率平均降低约 14.2kW。2011 年 10 月份采用取掉两级叶轮用等厚的轴套替换的方法，对电锌四车间流化床锅炉 3 台给水泵进行简易节能改造，能满足锅炉实际运行的压力要求，运行情况良好，多级泵故障明显减少，同时取得了较好的节能效果，每年可节约电费至少 13.1 万元。

锅炉多级泵选择的原则是按照锅炉运行的最高工作压力和额定蒸发量为基数，通常多级泵的额定流量为锅炉额定蒸发量的 1.1 倍；多级泵的额定压力（即进出口压差）为锅炉最高工作压力的 1.1～1.2 倍，折算成扬程作为选型的依据，多级泵的轴功率 $P=9.807QH/\eta$（kW），Q 为多级泵的额定流量（m^3/s），H 为多级泵的扬程（m），η 为多级泵的效率（%），配套电动机功率为多级泵轴功率的 1.1～1.5 倍为宜。锅炉多级泵选型时在保证流量和扬程满足锅炉安全运行的前提下应尽可能选择较小的多级泵及配套电动机，并选择效率较高的多级泵，以利于节约电能消耗。

3 结束语

以上多级泵的优化选型和节能改造项目，已经实践验证，取得了较好的技术经济效果。可行性强，易于实现，节能效果明显，且有利于降低维修成本。据考察了解，目前社会上使用的锅炉多级泵普遍存在不合理的超配现象，一次性投资大，消耗电能高；若再进行变频改造，投资更大，得不偿失。进行了优化设计、合理选型或进行简易节能技术改造，投入少、节能效果明显，具有推广应用价值。

参 考 文 献

［1］ 周谟仁．流体力学泵与风机［M］．北京：中国建筑工业出版社．1985.
［2］ 柴立平．泵选用手册［M］．北京：机械工业出版社．2009.

谈中心传动浓密机的优化设计和节能改造

刘剑祥

（724204　汉中锌业有限责任公司）

摘　要：通过对公司现有中心传动浓密机主轴驱动系统进行分析计算，以及进行了可靠性优化设计和节能改造，从而达到提高设备运行的安全可靠性和节能降耗的目的，并在有关企业推广应用。

关键词：中心传动浓密机　主轴驱动系统　优化设计　节能改造

1　引言

本公司现用中心传动浓密机因制造厂提供的浓密机旋转主轴驱动电动机功率与主轴及耙架的机械强度不匹配，电动机功率普遍偏大，造成电耗高。当浓密机渣沉积严重、耙架及主轴负荷大时，安全保护装置失效、失灵，就会造成主轴扭曲变形，甚至发生断轴事故，给生产组织和维修工作都带来很大损失。公司电锌一、二、三车间曾多次出现过主轴扭转变形，甚至断轴、耙架及负荷监测机构严重损坏的事故。过去，虽然对浓密机耙架进行了改造加固，并对主轴及耙架进行了防腐处理及安全自控装置进行了改进，虽然浓密机的安全可靠性有了较大改善，但仍存在主轴变形断裂的事故隐患，且电能消耗较高。

2　改造案例

浓密机是我公司湿法冶锌生产系统的大型关键设备，一旦出现主轴或耙架损坏，需大修一次。因浓密池渣液容量大，约 1200m^3 左右，清空一次工作难度大、时间长，修复浓密机主轴及耙架周期长、费用大，给生产经营造成的损失很大，提高浓密机的安全可靠性就显得非常重要。

例：电锌三车间 5 台 21m 浓密机，主轴为 $DN245 \times 12$ 不锈钢（00Cr17Ni14Mo2）管轴，原驱动电动机为 4 极（1440r/min）5.5kW。

设浓密机主轴最大允许承载转矩 M_n，因浓密机主轴主要承受扭转变形，由 $\tau_{max} = M_n/W_p \leqslant [\tau]$，得

$W_p = \pi D^3[1-(d/D)^4]/16$

$[\tau] \approx (0.55 \sim 0.6)[\sigma]$

$[\sigma] = \sigma_s/n$

由于主轴为不锈钢（00Cr17Ni14Mo2）管轴属弹塑性材料，易变形失效，查得 $\sigma_s = 196 \times 10^6$Pa，取 $n = 2$，又 $D = 245$，$d = 221$。

则有　$$16M_n/\{\pi 0.245^3[1-(0.221/0.245)^4]\} \leqslant 0.55 \times 196 \times 10^6/2$$

故　$$M_n \leqslant 52594.47\text{N} \cdot \text{m}$$

浓密机主轴及耙架转一周需要 14min，即 $n = 1/14$r/min $= 0.071$r/min。电动机转速 $n_1 = 1440$r/min，则减速比 $i = n_1/n = 20160$。因主轴驱动系统由二级摆线针轮减速机（121/1）、开式链轮减速（38/19）和蜗杆减速器（83/1）三部分组成。

总机械效率　$$\eta = P/P_1 = 92\% \times 92\% \times 95\% \times 68.1\% = 0.548$$

因　$$\eta = M_n/i \times M_{n1}，故\ M_n = 20160 \times 0.548 M_{n1} = 11047.68 M_{n1}$$

又　$$M_{n1} = 9549P_1/1440（M_{n1}为电动机输出轴转矩）$$

即　$$M_n = 11047.68 \times 9549P_1/1440 = 73259.93P_1\ （P_1\ 为电动机功率）$$

由　$$16 \times 73259.93P_1/\{\pi \times 0.245^3[1-(221/245)^4]\} \leqslant 53.9 \times 10^6$$

求得 $P_1 \leqslant 0.718$kW。

可选电动机功率为 0.55kW 的摆线针轮减速机（XWED0.55－121）型。

若减速机电动机（XWED85－121－5.5）不变，即 $P_1 = 5.5$kW，因管轴壁厚为 12，设管轴外径为 D，

则　$$16 \times 73259.93 \times 5.5/\{\pi D^3[1-(1-0.024/D)^4]\} \leqslant 53.9 \times 10^6$$

即　$$6.45 \times 10^6/(\pi \times 0.096D^2) \leqslant 53.9 \times 10^6$$

可得 $D \geqslant 0.630\text{m} = 630\text{mm}$。

可见难以实现，也不必要做成 $DN630 \times 12$ 不锈钢管轴。如果传动功率配 5.5kW，当耙架阻力负载很大时，即使主轴强度没问题，其他传动件的机械强度也难以承载，也会出现机械事故。

为了提高公司所有中心传动浓密机运行的安全可靠性和经济性，应对现有中心传动浓密机主轴驱动系统进行可靠性和优化改造。对公司 34 台不同型号中心传动浓密机主轴驱动系统进行分析计算，充分利用现有主轴的机械强度，对主轴驱动减速机、电动机进行合理选型。可做以下优化节能技术改造：①将电锌一、二车间 8 台 12m 中心传动浓密机的主驱动电动机 6 级 3kW 改为 6 级 0.55kW 电动机；电锌一车间一台 21m 浓密机为 2 台 2.2kW 电动机双驱动可简单改为 2.2kW 电动机单驱动，动力已经足够了，不需采用 2 台 2.2kW 电动机双驱动，既浪费电能，又可能再次出现扭损主轴及耙架的事故。②将电锌三车间、电锌四车间及特材公司 25 台 21m 中心传动浓密机的 XWED5.5－121 型摆线针轮减速机更换成 XWED0.55－121 型摆线针轮减速机。③中心传动浓密机主驱动电动机改小后，既提高了其主轴传动系统及耙架的安全可靠性，又可起到节能降耗的效果。因电动机改小后在相同负载情况下其空载电流将明显降低，节能效果明显。

1）改造的必要性：若不改造，一旦浓密机积渣严重而安全自动保护失效时，因电动机功率超配太大，主轴将严重超载，会扭损主轴、耙架及传动机构，给生产和检修带来很大损失。

2）改造的可行性：经强度计算，充分利用现有主轴的机械强度，配用合适的驱动功率，符合主轴正常使用要求，因驱动电动机或摆线针轮减速机为独立装置，通过联轴器或链轮传递动力，改造易于实现，几乎不影响正常生产，且投资小。改造总投资约：$(300 \times 8 + 1500 \times 5 + 3000 \times 10)$ 元 $= 39900$ 元，两个多月即可收回总投资。且更换下来的原 8 台 6 极 3kW 电动机及 25 台 XWED5.5－121 型摆线针轮减速机价值依然存在。

3）改造的可靠性：改造后消除了浓密池压渣时主轴及耙架超载运行的可能性，可有效保护主轴及耙架不被破坏，与电器保护系统起双保险作用，安全可靠性更高。即使电器保护系统失效，主轴出现超载，在接近其强度极限前，让电动机超载烧损，停止加载，从而有效保护主轴及耙架的安全。因电动机功率小，损失小，易于更换修复，维修成本低。

4）改造后的经济性：浓密机优化改造后电动机功率大幅度减小，节能效果明显，维修工作量和综合维修费用显著降低。

电锌一、二车间共 8 台 12m 中心传动浓密机改造后每台主驱动电动机空载电流平均从 3A 左右降到 0.8A 左右，降低约 2.2A，约合 1.1kW。

电锌一车间及特材公司共 11 台 21m 中心传动浓密机改造后每台主驱动电动机空载电流平均可下降 1.76A 左右，约合 0.88kW。

电锌三车间共 5 台 21m 中心传动浓密机改造后每台主驱动电动机空载电流平均从 4.72A 左右下降到 0.74A 左右，降低约 3.98A，约合 1.99kW。

电锌四车间共 10 台 21m 中心传动浓密机改造后每台主驱动电动机空载电流平均从 4.72A 左右下降到 1.2A 左右，降低约 3.52A，约合 1.76kW。因各电锌车间浓密机连续运行的时间最长，故全公司现用 34 台浓密机改造后年节省电费为

$$(1.1 \times 8 + 0.88 \times 11 + 1.99 \times 5 + 1.76 \times 10) \times 24 \times 360 \times 0.55 \text{ 元} = 218735 \text{ 元}$$

5）推广应用价值：从本公司使用的所有浓密机看来，中心传动浓密机存在的问题带有普遍性，对其进行可靠性和优化设计改造具有推广应用价值。生产厂商应对中心传动浓密机进行优化和可靠性设计改进，使用单位可对现有中心传动浓密机进行优化和可靠性改造，有利于节约投资和降低运行成本，提高浓密机的安全可靠性，减少使用单位因事故修复造成的经济损失。

参 考 文 献

[1] 成大先．机械设计手册［M］．4 版．北京：化学工业出版社，2002.

[2] 杨可桢．程光蕴 机械设计基础［M］．北京：高等教育出版社，1981.

[3] 陆才善．材料力学［M］．西安：西安交通大学出版社，1988.

[4] 史美堂．金属材料及热处理［M］．上海：上海科学科技出版社，1980.

混匀物料输送带减速装置的改造

王明江
（430082　湖北武汉钢铁集团公司港务公司设备部）

摘　要：阐述了混匀物料输送带由于混匀矿生产的需求量迅速增大，导致减速装置存在的问题，对减速机设备输出功率的负荷计算、选型、理论重新进行了校核，验证。提出了改进的办法，使之符合生产的需求。本文从设备的负荷计算、选型、理论验证、散热器设置及原理、安装布置等各方面都作了阐述。

关键词：减速装置　散热器　热功率　改造

1　引言

武钢港务公司混匀物料输送带为DTⅡ型带式散料输送机，提升高度14.80m，设计输送能力为1500t/h。减速机采用唐山冶金设备制造厂生产的KZN360斜齿轮－锥齿轮硬齿面减速器，电动机减速机采用YOXⅡZ560液力偶合器与减速机连接。该带式输送机是武钢港务公司一条重要的混匀矿输出料线。始建之初，主要承担向四烧输出混匀矿的任务。随着公司生产能力的不断增长，新二烧的投产，混匀矿需求量迅速增大，日均输出量达到2万t，混匀带式输送机作业率长期保持在80%以上，混匀带式输送机减速装置的负荷加重。

混匀物料带式输送机投产初期就发现减速机温度偏高，电动机工作电流不稳定的现象，由于生产量不是很大，矛盾并不是很突出。随着新二烧的逐步达产，混匀矿输送量迅速提高，驱动装置的故障频繁，每月都要发生一至两起设备故障。如果不对其改进，则会影响到生产效率的发挥，关系到烧结，炼铁、炼钢乃至武钢集团公司生产目标的实现。为了满足机组作业率及产能提高的形势要求，对现有设备进行有效改进则显得尤为必要。

2　存在的问题

目前，在输送混匀矿的专用输送带的减速机上，由于其结构不合理，润滑油无冷却装置。随着机组作业率及产能的提高，显现出其减速机由于润滑油的温度增高，对机组运行产生的摩擦得不到好的润滑。而产生大量的摩擦热，导致作业中减速机高温发热、齿轮折断等故障常有发生，严重影响了生产及设备的使用寿命。针对上述问题，提出了驱动装置的改进思路。

3　改造方案及理论计算

混匀物料带式输送机是港务公司输送混匀矿的设备，作业率很高，其减速装置又是其关键部位，对之进行优化改进，必须要充分考虑以下要求：①改造所需的停机时间要短；②改造力图简洁，改动部位尽可能少；③投资尽可能省。由于混匀带式输送机在机架结构和输送带宽度上与铁矿输送线一致，具备输送1500t/h的基本条件，但减速装置的功率不足。改造中只要将其驱动装置进行改进，保留偶合器、低速联轴器和驱动滚筒不变，即将电动机、减速机进行扩容，使之驱动功率达到输送1500t/h的能力即可。选用SEW的斜齿轮－锥齿轮减速机，该减速机带轴端泵，只要设计一套外置水冷式散热器，就可以解决减速机油温高的问题。该减速机的额定功率为678kW，热功率355kW，均符合计算要求。

（1）理论计算及设备选型

1）传动滚筒轴功率计算：

$$P_0 = F_u v$$

式中，F_u为驱动滚筒圆周驱动力（N）（含输送带运行、物料提升、清扫器、托辊、导料板等产生的阻力），经查表计算：F_u = 75565N；v为带速（m/s），v = 2.0m/s。

所以，$P_0 = 75565 \times 2\text{kW} = 151\text{kW}$。

2）电动机功率计算：

$$P_e = P_0/(\eta_1\eta_2\eta_3\eta_4\eta_5)$$

式中，η_1 为减速器效率，$\eta_1=0.94$；η_2 为偶合器效率，$\eta_2=0.96$；η_3 为联轴器效率，$\eta_3=0.98$；η_4 为电压降系数，$\eta_4=0.90$；η_5 为不平衡系数，$\eta_5=0.95$。

$$P_e = 151(0.94\times0.96\times0.98\times0.9\times0.95)\text{kW} = 199.70\text{kW}$$

原电动机为 JS－117－4，150kW，功率不够。

3）KZN360 减速机的额定功率校核：

校核额定功率 $$P_N \geqslant P_e K_A$$

式中，P_N 为减速机公称输入功率（kW）；P_e 为减速机所连接的工作机械需要的功率，即 $P_e = P_0 = 151\text{kW}$；K_A 为工作机械工况系数，$K_A=2.0$；$P_N \geqslant 151\times2\text{kW}=302\text{kW}$。

现场所用减速机 KZN360－31.5 的额定功率查表为 295kW＜302kW，所以减速机功率偏小。

校核热功率，应满足下列要求：

$$P_t = P_e f_1 f_2 f_3 \leqslant P_G$$

式中，P_t 为计算所需的热功率；f_1 为环境温度系数，查表为 1.65；f_2 为负荷率系数，查表为 0.96；f_3 为功率选用系数，查表为 1.15；$P_t=151\times1.65\times0.96\times1.15\text{kW}=275\text{kW}$。

现场所用减速机 KZN360－31.5 的额定热容量查表为：220kW＜275kW。所以，该减速机热功率也不满足。

此校核结果表明：电动机烧损、减速机高温及轴承散架、齿轮损坏与电动机功率、减速机功率及热功率不足有关，因此需对电动机、减速机重新选型。

（2）驱动设备选型

输送带运行阻力 $F_1 = 23109.81\text{N}$；

物料提升阻力 $F_2 = 30216.62\text{N}$；

当输送带运行阻力小于物料下滑力时，输送带会逆转，因此设制动器；

电动机：型号 JS127－4，230kW，1 台；

SEW 减速机 M3RSF90 减速器速比 $i = 31.5$；

驱动滚筒直径 $D_r=0.80\text{m}$；

滚筒转速 $n_2 = 46.02\text{r/min}$；

带速 $v=2.0\text{m/s}$；

液力偶合器 YOXⅡZ560。

表 1　改造前后减速机主要参数对比

参数	设计要求	改造前	改造后
传动比	31.5	31.5	31.5
额定功率	＞302kN	295kW	678kW
热功率	＞275kW	220kW	355kW
		部分不满足	全部满足要求

通过表 1 可以看出，由于产能的提升，改造前减速机额定功率和热功率均不能满足生产需求，而重新选型的减速机各主要指标均满足要求。

（3）设置减速装置的散热器　2010 年 8 月对混匀物料带式输送机的驱动装置进行了改进，更换了减速机。并针对减速机温度高，设计了一套减速机外置散热器。在减速机末端连接有热交换器，进油管穿过热交换器；在热交换器上分别连接进水管和排水管，在进水管的进口处连接水泵，且水泵连接在散热器上；在进水管上还安装有流量调节阀（图 1）

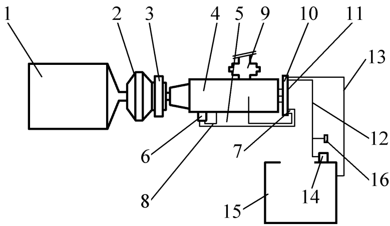


图 1　散热器原理图

1—电动机　2—偶合器　3—制动器　4—减速机　5—油箱　6—油泵　7—进油管　8—出油管　9—联轴器　10—支架　11—热交换器　12—进水管　13—排水管　14—水泵　15—散热器　16—流量调节阀

混匀物料输送带减速装置由电动机 1、偶合器 2、制动器 3、减速机 4、油箱 5、与油箱 5 连接的油泵 6 及进油

管 7 和出油管 8、联轴器 9 组成。其在减速机 4 末端连接通过支架 10 连接板式或盘管式热交换器 11；进油管 7 穿过板式或盘管式热交换器 11；在板式或盘管式热交换器 11 上部采用螺纹或焊接并相通连接进水管 12，在板式或盘管式热交换器 11 下部或底部采用螺纹或焊接并相通连接排水管 13，在进水管12 的进口处安装水泵 14，水泵 14 采用焊接或螺栓或支座连接在散热器 15 上；在进水管 12 上安装流量调节阀 16。

（4）外置散热器的动作原理　当减速装置运行时，先将流量调节阀 16 打开，启动水泵 14，冷却水通过进水管 12 进入板式或盘管式热交换器 11 内，对进油管 7 内的润滑油进行冷却。根据冷却油温的情况调节流量调节阀 16 以控制冷却水流量，使油温满足要求。此外，还自行制作一个散热器，增加一个水泵。减速机轴端泵输出端外带一个压力传感器，将压力反馈信号增加到带式输送机控制系统中，保证减速机有充足的润滑和散热条件。改造后的布置如图 2 所示。

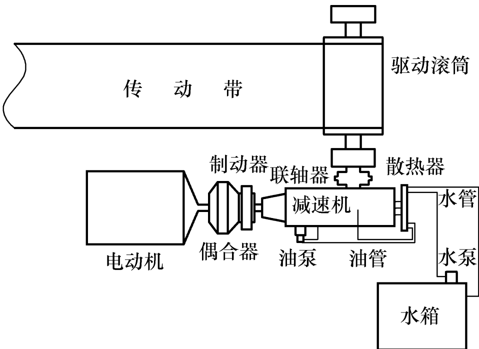


图 2　驱动装置的布置图

4　运行效果（表 2）

通过对混匀带式输送机驱动装置进行改造，消除了由于减速器功率不足和润滑油无冷却装置引起的轴承散架、轮齿折断、高速轴折断等各种故障。随着新一烧的顺利投产，混匀物料带式输送机日均输出混匀矿 2.5 万 t，作业率超过 90%，减速机均能正常工作，确保了前方生产的顺行。

表 2　改造前后故障对比

年度	突发性故障次数	突发性故障小时/h	计划性检修次数	计划性检修小时/h
2010 – 7	36 × 2 = 72	72 × 3 = 216	12 × 2 = 24	24 × 8 = 192
2011 – 7	0	0	12 × 1 = 12	12 × 8 = 96
2012 – 7	0	0	12 × 1 = 12	12 × 8 = 96

5　结束语

混匀物料输送带减速装置的改造是成功的。该减速装置能降低润滑油油温，保证了机组润滑效果及正常生产，提高了设备使用寿命。实践证明，通过高频率、高负荷运载，运行平稳，至今未出现一起由此引起的设备故障。

参 考 文 献

[1]　北京起重运输机械研究所 . DTⅡ（A）型带式输送机设计手册（发明专利：ZL201220090532. 5［M］. 北京：机械工业出版社，2003.

拉矫机液压系统断流阀的研究使用

丁　晨
（430083　武钢股份设备维修总厂）

摘　要：在连铸机生产过程中，拉矫机长期处于恶劣的工作环境，易发生油管爆裂事故，严重影响整个连铸生产的连续平稳性。本文对拉矫机的液压系统工作原理进行分析，在系统内增设断流阀，有效避免了液压油的泄漏，保证了拉矫机的正常工作。

关键词：拉矫机　液压系统　断流阀

1　引言

拉矫机是连铸机的重要设备，通过对刚从扇形段出来的热坯进行逐级压延矫直，最终得到满足质量要求的铸坯；而铸坯最终成形的质量好坏，取决于拉矫机能否正常工作。武钢一炼钢厂现有 3 台连铸机，每台连铸机均为 5 个流子，其中 1#机每个流子有 6 台拉矫机，2#机每个流子有 4 台拉矫机，3#机每个流子有 7 台拉矫机。拉矫机的传动机构采用电动机、减速机驱动，压下装置采用液压系统控制。随着连铸的发展，对拉矫机装置的液压系统要求具有足够的矫直力，以适应可浇注的最大断面和低温坯的矫直；压力调节范围大，适应各种功能的应用。特别是“轻压下技术”的使用，对液压系统的要求更加精确。但拉矫机所处工况十分复杂，环境恶劣，液压软管经常破裂，造成事故或发生火灾，烧损设备。这一隐患一直是制约连铸高效、安全生产的重要因素。

2　液压系统事故原因分析

武钢方坯连铸拉矫机控制液压缸动作有引锭杆压力（$p_D = 8 \sim 15.7$MPa）、热坯压力（$p_H = 5.9 \sim 11.8$ MPa）、轻压下压力（$p_{POS} = 20$MPa）和回油路（T）4 条管路，每一条管路从拉矫机底部管廊出来，设置有 2 条软管（2.5m 和 2.0m），中间有 1.7m 左右的硬管连接到顶部的控制阀块上，如图 1 所示。拉矫机液压系统原理如图 2 所示，动作执行程序见表 1。

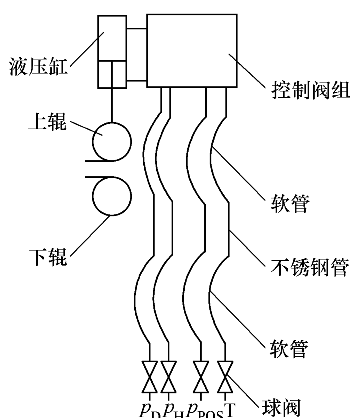


图 1　拉矫机液压控制管路示意图

拉矫机在三种压力下交替工作，冷却水的喷淋、环境温度高，软管极易老化；因此，油管破裂的可能随时存在。该系统采用的液压油是 SAFE620，燃点为 320℃左右。只要在浇注过程中，油管破裂液压油喷出就会引起火灾，并且消耗大量的液压油。

图 2　拉矫机液压原理

表 1　拉矫机液压系统控制程序

阀号 / 程序	YON1		YON2		YON5		YON6	
	a	b	a	b	a	b	O	b
冷坯压		●		●				
冷坯抬	●			●				
热坯压		●	●					
轻抬						●		●
轻压					●			●

3　断流阀的采用及其特性

为防止软管破裂引发事故，在系统内加设断流阀。断流阀的结构如图 3 所示。系统正常工作（断流阀进口与出口压力基本一致）时，断流阀在弹簧的作用下，保持阀芯始终处于开启状态，液压油形成通路；一旦其后端出现管路破裂、接头脱落等突然失压状况（即断流阀下腔Ⅱ失压），由于液压系统输出的压力远远高于弹簧压力，迫使阀芯马上关闭。从而防止液压油泄漏，保证拉矫机的正常工作。

断流阀的性能参数如下：

工作压力范围 10 ~ 35MPa；

流量范围 12～150L/h；

工况温度 20～80℃；

工况温度 20～80℃；

流向Ⅰ到Ⅱ，如果Ⅱ到Ⅰ则是自由流向。

在生产实际中，可以根据上述指标，对照产品目录，选择断流阀型号。

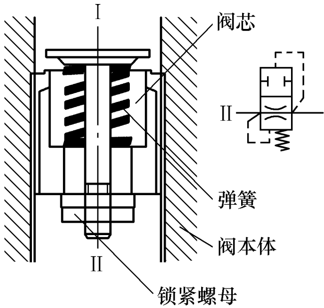


图 3　断流阀的结构

4　改造措施

根据断流阀的性能，在液压系统中使用断流阀应该注意以下几点：①安装断流阀时一定注意方向，必须是液压油从Ⅰ流向Ⅱ；②断流阀一定要安装在管路元件中软管的前面；③为便于操作和使用，断流阀前面要连接一个球阀。

鉴于以上要求，在图 1 中的球阀出口处增设一个断流阀，回油管不装（因压力很低，一般 1.5MPa）。其功能是在正常情况下，由于两端的压差一致，在弹簧力作用下，断流阀处于通路状态；油管一旦破裂，后端失压，断流阀就会在系统压力下关闭，防止油喷出。

5　使用维护

产品型号确定后，它的弹簧力一般不需要调整（如果确实需要调整预紧力，可以用套筒扳手调整图 2 中的锁紧螺母）。维护过程中可以通过它前面球阀的开、闭，看油路的通油状态来判断断流阀的好坏。要注意球阀关闭后，断流阀后端管线处于卸荷状态下。

6　结束语

武钢方坯连铸拉矫机液压系统在运用断流阀后，节约了液压油和电气元件的消耗。保证生产顺行，消除重大设备安全隐患，月创经济效益 33.4 万元。但由于该液压系统在拉矫辊压下时采用的是差动回路，而断流阀要求在工作时前、后端压差小（至少要小于弹簧压力），因此液压缸有时会出现不动作状态而需要进行处理。还需要在断流阀的压差与系统压力匹配上进行研究，克服上述缺陷，以使其运用范围更广泛。

参 考 文 献

[1]　崔甫．矫直原理与矫直机械［M］．北京：冶金工业出版社，2005.

[2]　蔡开科，程士富．连续铸钢原理与工艺［M］．北京：冶金工业出版社，1994.

[3]　张利平．液压阀原理、使用与维护［M］．北京：化学工业出版社，2009.

分体式智能塑壳断路器在油田矿区配电网设备改造中的应用

郭景礼　陈寿新

（062552　华北油田公司供水供电服务中心）

摘　要：在油田矿区低压供配电系统设备改造中，采用国内先进的分体式塑壳智能断路器，对矿区供配电网设备实现自动化改造。通过供配电设备自动化测控、配电网闭环运行、馈线故障诊断隔离、配网智能自愈控制等技术的应用，进一步提高油田矿区企业、事业单位、居民小区、重点用户等供电的可靠性和实效性，降低供配电网损耗、提高供电设备效率和供电质量；利用智能配电网运行数据实时分析系统，对配网潮流分布进行预测、调整，优化和制订矿区配电网运行方案及预案，为油田矿区可靠供电提供技术保障。

关键词：自动化测控　电网设备　自愈控制　配电系统

1　引言

油田矿区配电网设备直接面向油田生产及小区居民，是保证供电质量、提高电网运行效率、创新用户服务的关键环节，是油田矿区智能配电网建设的基础；在油田矿区低压供配电系统设备改造中，对配电室进出线断路器采用国内先进的分体式塑壳智能断路器，实现了进线回路、馈线回路的实时监测与控制；对油田矿区供配电网设备实现自动化改造，是解决矿区配电网连续、稳定、可靠运行的基础性技术工作，也是提高矿区供电线路、变压器、配电设施合理、高效、优化运行的技术手段，还是降低网损节能降耗、合理配置电力资源、提高供电质量的重要技术措施。

分体式智能塑壳断路器是由无过电流保护要求的断路器（GB 14048. 2—2008 中附录 L，简称 CBI）和智能控制器组成，分为一个智能控制器拖动一台 CBI 和拖动多台 CBI 两种形式。CBI 中只有信号采集元件和脱扣执行元件，也可保留磁后备保护；智能控制器通过数据线与 CBI 连接而独立安装于开关柜的抽屉板面或柜体板（门）面上，从而实现扩大功能、提高可靠性、便于参数调整、显示和方便维修。通过现场的即插即用技术和 RJ45 通信接口接线，所有连接到控制器模块的 CBI 都能通过 Modbus - RTU 通信协议实现通信功能。在油田供配电系统中，低压供配电进出线控制大量采用塑壳断路器，是配电网构成的重要组成部分。塑壳断路器是重要的配电自动化设备，其运行的智能、可靠、安全与提高配电网智能运行、自愈控制息息相关；配电自动化设备是智能配电网系统组成的核心部分，配电系统的自动化设备智能水平直接影响到配电网智能化程度，配电自动化系统设备的智能、稳定、可靠运行是油田矿区供配电网安全稳定的基础和保障。

智能化的配电系统设备是油田矿区智能配电网建设的重要组成部分，智能断路器它以灵活、可靠、高效的进行配置，以智能配电网网架结构和高可靠性、高安全性的通信网络为基础，支持灵活自适应的故障处理和自愈控制，可满足高渗透率的分布式电源和储能元件接入的要求，满足用户提高电能质量的要求；智能配电系统设备有机集成和融合现代计算机与通信、高级传感和测控等技术，能够满足智能配电网系统集成、互动、自愈、兼容、优化的技术要求。智能配电设备的应用对于推动油田配电网自动化技术以及智慧油田、智慧矿区的建设发展具有十分重要的意义。

2　智能断路器组成及特点

（1）结构组成　分体式智能塑壳断路器是由无过电流保护要求的断路器和智能控制器两个部分组成；智能控制器采用软键盘设计，液晶显示、整定多种技术参数和功能，具备配电网络综合自动化、智能化的特征；智能塑壳断路器分为一个智能控制器拖动一台断路器和拖动多台断路器结构的两种形式，在断路器中有信号采集元件和脱扣执行元件，也可保留磁后备控制保护；控制器模块安装于配电柜箱体内部，显示器模块安装于配电柜体表面，通过显示器模块可针对配电柜各抽屉单元的断路器进行参数整定和显示，并可增加配电系统可靠运行的更多功能。智能控制器通过数据线与断路器连接，而且独立安装于配电柜的抽

屉板面或柜体板门面上，通过现场即插即用技术和 RJ45 通信接口进行数据传输，所有连接到控制器模块的断路器都能通过Modbus－RTU通信协议进行通信，以实现配电网运行数据的采集、传输及控制，如图 1 所示。

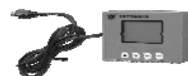


图 1　分体式智能塑壳断路器组成

（2）功能特点　智能断路器具有过载、短路短延时、短路瞬时、不对称接地、断相/电流不平衡和欠电压等多种保护功能和隔离功能，能有效地保护配电线路和电源设备及电动机不受损坏；主要特点有：

1）参数整定：智能控制器可通过触摸导航按键对低压柜中断路器各种技术参数进行整定和调整；

2）运行监视及查询：智能控制器可对运行状态和整定的参数进行实时显示和储存，并可查询故障类别；

3）故障记忆及显示：智能控制器正常运行时显示最大相电流值，若电流超过其保护特性阈值时相应的指示灯会闪烁。如果发生脱扣，控制器会显示最近一次故障参数，如故障相、故障电流和脱扣延时时间等，相应的指示灯恒亮；

4）热记忆：智能控制器具有模拟双金属片的热效应特性，记忆电流开始回落前积聚的过载能量，在回落期间进行均匀释放，30min 内释放完毕。在释放期间电流再次过载时，过载能量从以前积聚而未释放完毕的剩余能量上继续进行积聚，脱扣时间将随之缩短；

5）辅助电源：智能控制器配备辅助电源，即使在自生电源断开的情况下仍然能够查询故障，还可根据情况调整各整定参数，使断路器使用更趋合理；

6）电动机保护：对于 $I_n \leqslant 630A$ 的断路器可视情况选择电动机保护功能，对电动机的断相和三相不平衡进行保护，三相不平衡能率 $\delta_i = |E_{max}| / I_{avg} \times 100\%$（$E_{max}$为每相电流与 I_{avg}之间的最大差值），不平衡动作电流整定范围为：$\delta_i = 5\% \sim 60\% + OFF$，级差 1%；

7）模拟脱扣测试：检查断路器与智能控制器的动作配合情况；

8）通信：通过 RS485/RS232 转换接口和 Modbus－RTU 现场总线协议与上位机进行通信，可实现“四遥”功能。

3　在配电网中的应用

（1）应用方法　在油田矿区配电网设备改造中，对油田矿区应用量较大的低压固定式 GCS 开关柜进行了统一设计，将进线断路器、出线断路器改造为带智能测控功能的智能断路器，在这些类型的低压配电开关柜中，其基本形式为将各种低压电器元件包括低压智能断路器，按照特定的配电系统设计功能要求安装于柜体中，实现供配电保护和动力及电动机保护。在使用一拖一分体智能塑壳断路器时，将控制器模块安装于柜体内部，操作显示控制器设置专柜面板上；在采用一拖多智能控制器和若干台断路器按放射式或其他形式组成系统安装于柜体中，且在具备上、下级关联的断路器系统中，可通过智能控制器内部预先设定的系统典型方案进行选择，实现局部或整体系统的区域联锁达到实现选择性保护的目的。同时还可以设定负载监控功能，大大提高供电系统的可靠性。

智能控制器通过其显示器模块、RS485/RS232 转换器与现场测控远程终端进行连接，通过网络通信环节将配电网现场运行数据上传给智能配电网系统主机，以实现对配电柜网络系统的管理和调度。智能配电网系统主机还可获得各现场的电力质量信息及运行状态参数，实现遥测、遥信、遥调、遥控“四遥”功能，如图 2 所示。



图 2　智能断路器现场运行

（2）区域联锁控制　区域选择性联锁分短路联锁和接地联锁，在有两台或多台上下级关联的断路器配电回路中，当短路或接地故障出现在下级断路器（1#～4#）的出线侧时，群组智能控制器通知其瞬时跳闸，同时指示其上级断路器按短路或接地故障保护设定进行延时。若延时过程中故障电流被消除，则保护返回，上级断路器不动作。若下级断路器跳闸失效或跳闸后故障电流仍未消除，则上级断路器按短路或接地故障保护设定值动作，切除故障电流，实现区域选择性保护。当短路或接地故障出现在上级断路器的出线侧即上级断路器

与下级断路器之间时，上级断路器瞬时跳闸，如图 3 所示。

（3）现场负载监控　现场负载监控功能可用于预报警如图 4 所示，也可用于控制支路负载，动作依据可选择电流进行动作，并可设计两种监控方式供选择：

方式一：可控制两支路负载，设定两个值 IC1 和 IC2，当系统运行电流超过 1. 2IC1 或 1. 2IC2 时智能控制器分别按反时限特性延时输出信号触点，依次分断下级最不重要的负载。

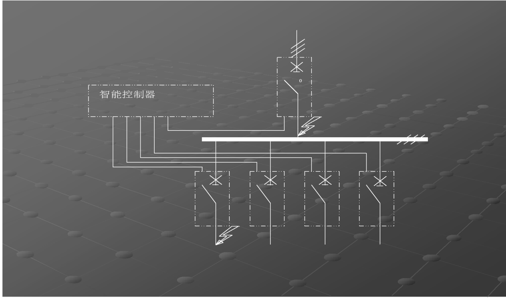


图 3　区域联锁控制

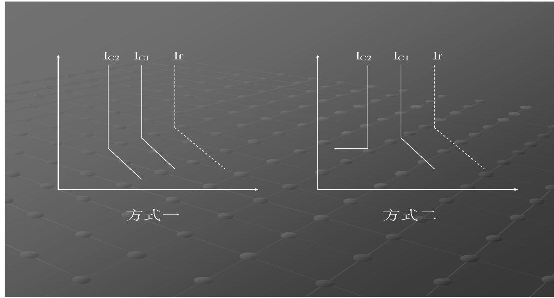


图 4　现场负载监控

方式二：用于控制支路负载，设定两个值 IC1 和 IC2，要求整定值 IC1 > IC2，当运行电流超过 1. 2IC1 时，智能控制器按反时限特性延时输出信号触点分断支路负载。若分断支路负载后系统运行电流恢复正常，当电流值低于 IC2 整定值，且持续 60s 后，智能控制器再输出一个信号触点，接通已分断的支路负载，恢复支路系统供电。

4　结束语

分体式智能塑壳断路器在油田矿区配电网设备改造中进行了推广应用，先后在采一配电室、测井配电室、六小区配电室、供应配电室、任五供水站等配电室的设备改造中进行应用。自投入现场生产运行以来，运行效果良好，解决了供配电室运行设备、监测仪表的优化集成、实时监测，提高了配电网运行的智能在线监测、快速预测、快速检测，提高了快速响应能力；避免配电网出现紧急状态、降低大面积停电风险，使矿区供配电系统运行更加灵活便利、稳定可靠；油田矿区智能配电网设备的改造是以解决供配电系统生产运行实际需要为目的，以技术创新为动力，全面提升油田矿区供配电系统生产运行自动化控制及调度管理水平。

参 考 文 献

［1］ 张信明，万绍尤．基于分体式智能断路器的低压智能、可通信配电系统研发设想［J］．电气时代，2007（2）：58 – 60.

［2］ 何瑞华．低压电器系统集成总体解决方案关键技术探讨［J］．低压电器，2009（1）．

［3］ 李天友，金文龙，徐丙垠．配电技术［M］．北京：中国电力出版社，2008.

智能退磁技术在过程优化与设备改造中的应用

李东进
（200051　上海富示科机电设备有限公司）

摘　要：通过对德国瓦隆公司退磁技术原理及产品特色的解析，特别介绍了一种先进的智能退磁技术及其应用，为有关产品工艺过程优化及设备改造提供了一种参照与可能性。

关键词：退磁　金属探测　退磁线圈　退磁磁轭　低频退磁　智能退磁电源　退磁控制程序　龙门移动式退磁线圈　旋转磁场退磁　脉冲式退磁

1　引言

磁场无处不在，有意或无意地会影响到零部件的相关加工工艺过程。比如某些钢制零件在金属切削加工后需要充分退磁，以保证后续清洗或表面处理等工艺的质量；而在磁粉检测及电磁涡流检测过程后进行的退磁则是检测工艺组成部分；再有钢管，除在生产在线检测的退磁外，为保证焊接及焊缝质量也需退磁；许多工模具及工装夹具在使用中也需定期退磁维护；作为磁力技术应用的一分子，退磁技术与零部件质量保证、工装设备有效运行维护也处处相关。

本文通过对德国瓦隆公司退磁技术原理及产品特色解析，特别是智能退磁技术，展示了在加深自动化、提高工艺柔性、保证质量、提升效率、降低能耗，并保持国际竞争力等方面挑战的成功经验，以期在相关工艺技术优化与设备改造方面提供借鉴，并能进一步推动中德相关技术交流合作。

2　瓦隆公司及其退磁技术原理

作为两大主营业务之一的退磁技术，针对零件大小从 1g 起到 4000kg 不等。有关退磁技术产品具体分：退磁线圈、退磁磁轭、退磁用低频电源、退磁系统、便携式磁强计等。产品既有标准系列，在此基础上也可模块化地灵活扩展。公司自有电子装配及严格的过程检验工序，充分保证产品可靠性。

瓦隆公司退磁系列产品不仅质量可靠，品种全面，而且拥有独有的专用退磁电源及退磁程序控制技术。其产品的柔性特别适合与自动化设备连线配套，包括可以根据不同零件的剩磁特点、现有设备输送条件或工艺特点进行改造、加装等措施设计特殊方案；尤其是将其对金属探测的精深造诣糅合在智能退磁控制技术中，磁力技术应用到此堪称绝妙。

（1）磁性工件的原因及后果　工件产生磁性的原因复杂，实践中常难以追根溯源，通常是人为的磁场有意或无意地对附近的工件进行了充磁，如磁力输送、磁性激振器、感应淬火、磁爪、磁性夹具等。在这些磁场下的机械振动和冷挤压成形会加强或有利于充磁过程。

工件产生磁性后会造成以下后果：金属切屑或磨屑粘到工件上；烧结模具磨损加快；工件相互粘连而造成机械手或自动送料线的停机损失；磁性传感器遭误触发；高灵敏的测量仪器发生测量误差；电子束焊接发生质量问题；硬铬镀层或氮化钛涂层厚薄不均；线切割时爆边。

（2）退磁原理　每个铁磁晶体中有许多原子总以相同方向排列，这些均向的小小区域对外可被当做一个区域（即外斯畴，空间尺寸在 0.001～0.1mm^3）。如果所有区域也均向，就可测到工件带有磁性。

退磁就是通过外部磁场破坏这些外斯畴的均向排列，使它们杂乱无章，这样单个带有磁性的区域对外却表现出磁中性。

实践中主要有三种退磁方法：①工件置于一交变强磁场中，磁场强度慢慢衰减到零；②工件以恒速缓慢地通过一交变强磁场；③将工件加热到 800℃以上（超过居里点），然后在磁中性的环境下（仅受地磁作用），慢慢冷却。

由于只有当退磁磁场与工件所带磁场的方向一致时，才能达到最佳退磁效果，所以有必要采用不同的

方法生成退磁磁场。

（3）退磁线圈与磁轭工作原理

1）退磁线圈，也称退磁隧道，可在它通道方向上生成一个交变磁场。在线圈中心，磁力线的密度最高，在线圈外则很快降低。由于线圈中磁力线与工件移动方向平行，线圈对卧放长工件的退磁很有利。退磁时，工件在线圈中与离开线圈时的移动须缓慢。退出及离开线圈的缓慢运动可使磁场降弱。

2）退磁磁轭生成一垂直于工作面的磁场，因此它特别适合处理垂直放置的棒形工件及卧放的垫圈及滚动轴承等工件。

磁场强度在磁轭工作面的表面处最大，随距离增加而弱化。高度在60mm以上的零件除下方的磁轭外，上方另需一个，即需要双磁轭退磁。

（4）低频退磁工作原理　为有效退磁，不仅需要强磁场，选择正确的频率也很重要。出于经济方便，许多工件常被轻易认为采用50/60Hz的插座电源就能退磁。

为保证退磁持久，光对表面退磁还远远不够。在工件内部残余的磁场会往表面发散，几天后退磁前测得的磁场又能被测到。为对壁厚大于10mm的硬钢工件有效退磁需要比工频低得多的频率。低频退磁可以降低工件中的次生涡流，并使退磁磁场更深地进入零件。对大型工件（如挤出模、铁路轨道）退磁甚至需用0.5Hz，才能将工件慢慢退成磁中性。低频对硬的扁钢或大型轴承及管件也适用。

图1显示了与材料厚度、材料硬度相关的推荐退磁频率。纵坐标：磁场的深入深度（mm）；横坐标：频率（Hz）。阴影部分上：钢；下：未淬硬/淬硬。

需要低频的另外原因是工装、多孔板和网格筐等在退磁磁场中会产生涡流，进而生成相反的磁场，就会对需退磁的工件产生屏蔽。瓦隆公司有不同的电子式发生器可生成低频电源。

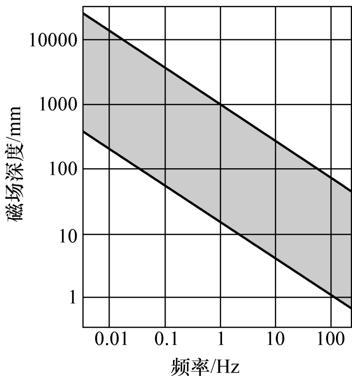


图1　退磁频率

3　瓦隆公司智能退磁电源、退磁电源控制程序

全球竞争要求德国工业将自动化做到极致，也就是要达到技术经济的最佳，不单单是技术质量上的领先。

钢管生产企业的退磁要求是催生智能退磁技术的直接动因，钢管厂不同批次的钢管需要经过同一条退磁线。这样如何适应自动化批量生产的需要，如前所述，要求退磁效果好，就不同批次（数量、尺寸等不同）需要不同的退磁参数（程序），如何识别相应工件并自动切换到相应的退磁程序，不致退磁工序发生差错，成为核心问题。

刚开始采用条形码识别实现了半智能（自动），但条形码等环节的差错同样会影响退磁质量，并增加了辅助的管理检查工作。瓦隆公司借其擅长的金属探测技术，自动识别钢管尺寸，随钢管进入输送线，系统可及时识别将进入退磁线圈的物料，从容自如切换相应退磁程序，实现智能（全自动）退磁，不用人工辅助，不用条形码辅助。

（1）智能退磁电源　智能退磁低频电源是瓦隆公司的顶级产品，用于大型管件、管垛、齿轮箱、钢棒、大的散料、大型轴承及其他几吨重的大型零件。

电源需要配高性能的退磁线圈，线圈要能产生大于2000A/cm的退磁磁场。电源的突出特点就是能根据被退磁零件的尺寸自动选择调整退磁电源的频率。根据工件钢制部分质量大小，退磁频率可调低到0.5Hz左右，以使退磁磁场深入工件内部。

（2）退磁电源控制程序　退磁电源控制程序可用个人计算机在微软操作系统下对瓦隆公司所有的低频退磁电源进行控制。退磁电源控制程序特别推荐用于对尚未植入退磁线的退磁电源的控制，当然也可由PLC程序控制。退磁电源控制程序可设置并储存与工件相关的特定参数，可储存达1000多个默认设置参数数据，可手动或通过条形码扫描仪从数据清单中选择。退磁电源控制程序可用于启动或终止退磁过程。

4 应用举例

（1）半自动及全自动退磁　如前所述，适合对现有钢厂等大型退磁线进行自动化改造，大大提升退磁效果及不同批次的退磁自动化控制，大大降低了大型钢厂等的退磁劳动作业量，也省去了人工调整待机等待时间；并且是节能退磁技术，通过改造可以实现显著的综合效益，如图 2 所示。



图 2　自动化控制设备现场

（2）适合整托物料退磁的龙门式可移动退磁线圈　出于汽车行业对某些原材料及零部件的严格质量要求，供应商在产品包装后、出库前需要对欧式托盘上的货物进行整体退磁，托盘可重达数吨。为此瓦隆公司专门开发了龙门式可移动退磁线圈，采用智能退磁电源，很好地解决了以上问题。

（3）其他案例

1）旋转线圈（活塞环等专用方案）。针对已成卷包装的环形工件（如管弹簧、活塞环）的高效优质退磁。这种非标线圈在通道范围内借助专用低频电源生成一个低频的强旋转磁场。磁场垂直进入工件的外圈，并在工件中旋转，缓慢推移包装好的环形工件以保证每个工件得到有效退磁。为准确移动工件需靠定心机构来保证。

2）特制磁轭。针对客户工件现有的输送装置而调整设计。医用小磁轭（左）；在管件内侧退磁（中）；超长磁极，为穿过客户现有输送带而接近工件（右），如图 3 所示。



图 3　特别磁轭

3）脉冲低频退磁电源。用于在输送轨道上为小工件在线退磁。退磁系统由机器节拍控制，退磁总是只对一部分工件，而不影响工件的在线流转。脉冲低频退磁电源的功能设计最大可能地适合加工自动线，向直接安装在输送轨道上的退磁线圈或磁轭供应调制电流，对离那里 15cm 范围内的工件按与输送同步的节拍进行退磁，如图 4 所示。



图 4　带退磁磁轭的输送轨道

5　结束语

德国瓦隆公司在退磁技术方面拥有丰富的产品及其组合，以及众多的工艺优化及设备改造的经验与方案。特别是其智能（全自动）的退磁技术及其应用，为我们在面对市场提出的不断提高的技术经济性挑战前提供一种思路与启发。

另外，瓦隆公司在金属探测及其无损检测等磁力技术应用方面的丰富经验与精湛技术，也可为工艺过程优化及自动化设备改造提供有力支持。

气动剪板机离合器改造

罗相文

（529144　广东新会中集集装箱有限公司）

摘　要：我公司顶板自动压型线一台气动剪板机传动用气动离合器摩擦片磨损严重脱落，离合器安装的固定盘发生偏移，导致离合器卡死，不能正常离合，且无合适备件。将现有的 KB0500 离合器改造，并在该设备中使用。这一改造结果值得同行借鉴与分享。

关键词：剪板机　气动离合器　KB0500　气动剪板机

1　引言

顶板自动压型生产线有一台 Q11Q－4＊3000 型气动离合剪板机（可剪切 Q235 钢板板厚≤4mm），其传动用气动离合器摩擦片磨损严重脱落，离合器安装耳朵发生偏移，导致离合器卡死，不能正常离合。公司全部集装箱顶板均在该机床加工，严重影响到生产的正常进行。因此，应立即采取最快速度维修避免造成全厂停产。

该气动离合剪板机是通过气动离合器实现动力的切断与传递，主要动力传动路线如下：11kW 四极电动机→带轮→KB0400 气动离合器→小齿轮→大齿轮→曲轴→刀架。该机属于薄板剪板机，能剪切的载荷不大。该设备具有剪板速度快、轻巧的优良特点，非常适用于自动化生产线场合。其传动机构如图 1 所示。图 1 中的 KB0400 气动离合器卡死，导致不能将剪床动力传递至剪刀架，造成机床停机（图 2、图 3）。

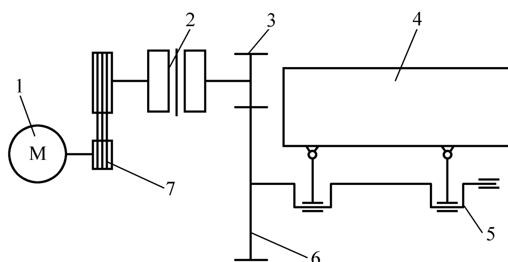


图 1　传动机构

1—11kW 四极电动机　2—KB0400 气动离合器　3—小齿轮
4—刀架　5—曲轴　6—大齿轮　7—带轮

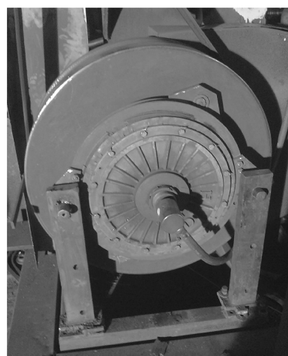


图 2　损坏的离合器





图 3　磨损后的传力盘及气缸

2 离合器卡死原因分析

本人与维修同事、调度等一起进行现场分析观察得出，导致离合器卡死有以下主要原因：①由于厂区管道有时提供气源压力不够，离合器气源经常在0.3MPa气压下工作（正常工作压力0.4~0.6MPa），导致摩擦片容易打滑。②离合器固定耳装偏，固定座螺钉松动，导致摩擦片不能均匀受力，最终使离合器卡死。③离合器已使用5年，达到使用寿命。

3 维修方案分析决策

通过以上分析，针对生产忙不允许长时间停机的特点。考虑目前公司仓库有一台KB0500气动离合器，提出以下解决方案：

1）测绘离合器尺寸，核对正确后采购新KB0400离合器。

2）采用公司目前现有的KB0500离合器，改造后用在该剪板机中，两种离合器技术参数比较见表1。

表 1

离合器型号	额定动转矩 T_b/N·m	额定静转矩 T_c/N·m	最高气压/MPa
KB0400	2800	3400	0.6
KB0500	4500	5400	0.6

由于 $T_{b(KB0500)} > T_{b(KB0400)}$，故KB0500离合器可驱动剪板机剪切钢板，两种修复方法分析比较见表2。

表 2

修复方法	货期/天	价格/元	对生产影响程度	难易程度
采购新KB0400离合器	20	约8000	停产达20天	★
改为现有KB0500离合器	1~2	8000	几乎无影响	★★★★

分析比较后，决定采取第2种解决方案即改造的方法，并克服改造遇到的一切困难，力求少影响生产。

4 维修方案分解实施

如图4所示，该方案的实施难点及实施步骤有以下几点：①原来离合器传力盘内孔 A 与轴配合为过盈配合，难以拆卸。②离合器活动盘双耳尺寸中心距 T_1 比原来大25mm，需配装固定销1。③由于离合器宽度 M 不一致，导致离合器进气孔2-P定位尺寸不一致，需要配进气孔。④尤其需要留意气缸的密封，气室通气后应不漏气。

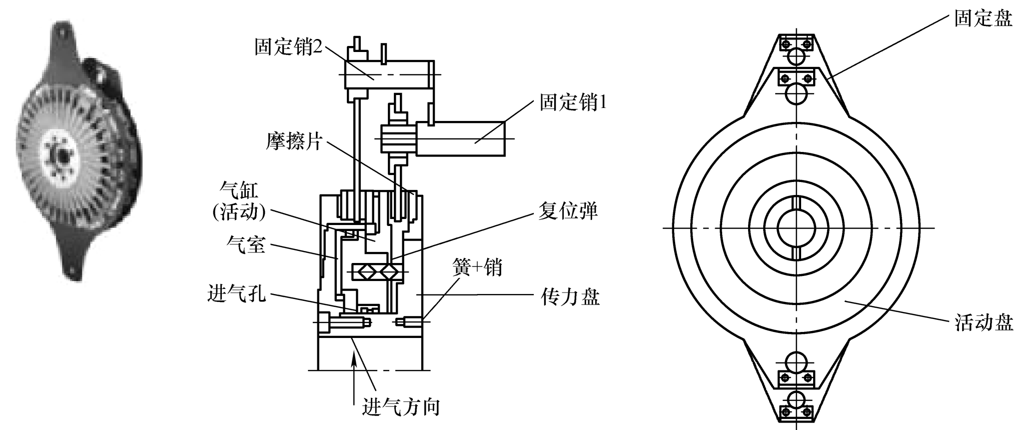


图4 气动离合器工作原理

1）气动离合器工作原理。如图4所示，左边为气动离合器实物图，右边为离合器的横截面半剖视图，离合器自然状态下活动盘通过两件固定销1与剪床飞轮孔连接，并且处于长期转动状态。6根复位弹簧+导向销推动气缸，使得气缸不与活动盘一起转动，离合器不传递动力至传动轴。当离合器通气状态，压缩空气经通气孔2－P至气室内，推动气缸克服弹簧力将摩擦片压紧至活动盘。于是将飞轮的动力传递至传力盘，传力盘的内孔与轴连接，从而起到传递动力的作用。力矩传动路线为：飞轮→两件固定销1→摩擦片→气缸→复位弹簧+销→传力盘→轴→小齿轮（图1中的零件3）。

应指出的是，固定盘通过固定销2固定在底座中，固定盘也有摩擦片，离合器不工作状态下，复位弹簧将气缸推至固定盘方向，切断动力的同时也起到制动作用，使轴、小齿轮能够及时停止传动，剪床刀架及时停止剪切避免误动作。

2）拆卸原传力盘如图5所示，维修人员计划通过安装螺钉M10后用拉锤、千斤顶将传力盘拔出。由于螺钉太细（M10），几次将螺钉拉断了都未能拉动。于是采取氧乙炔割枪割掉外圆，但是割的时候发现割不动，故判断该零件为铸钢件，不能通过割的方式拆卸。最后采取电弧焊的方式用焊条将外圆熔化，产生的熔化物体将铸钢外圆吹掉，最终达到破除拆卸的目的。焊疤痕迹如图6所示。



图5　传力盘

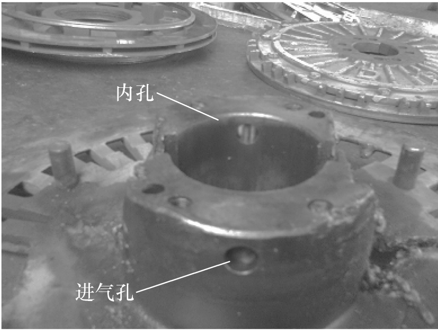


图6　焊疤痕迹

3）配固定销1。现KB0500离合器活动盘双耳尺寸中心距T_1比原来大25mm，需配装固定销1。方法有两种：①拆卸飞轮，配钻孔，将花费多一天的时间，认为不妥。②加工至两件偏心轴，通过两支偏心轴各偏心12.5mm，将离合器活动盘配装上去，如图7所示。为避免偏心轴强度不够，偏心轴圆角$R3$务必确保，防止应力集中，车削后淬火处理38－42HRC。

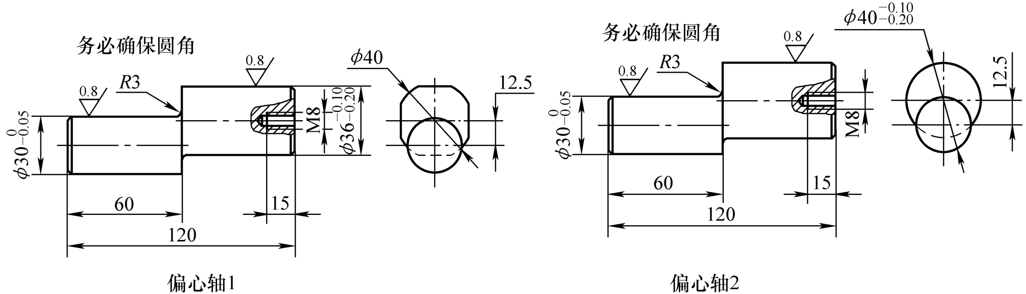


图7　两支偏心轴

4）配钻进气孔。由于离合器宽度M不一致，导致离合器进气孔2－P定位尺寸不一致，需要配进气孔。现有离合器宽度达到120mm（原离合宽度100mm，图8），需要将轴进气孔距离往外移动20mm，才能顺利进气。

经过缜密思考后测绘，车削了一隔套，将气孔往螺纹方向移动20mm，配钻了一进气孔，封住原来气孔，将$\phi76\times\phi80\times20$隔套套在M76螺纹上后焊接，注意将轴头M76牙缠保护带保护好。由于轴为45中碳钢，注意焊接前预热到200℃左右。焊完之后用SJ－400气动打磨机打磨焊疤，磨平焊接疤痕。先用砂轮片

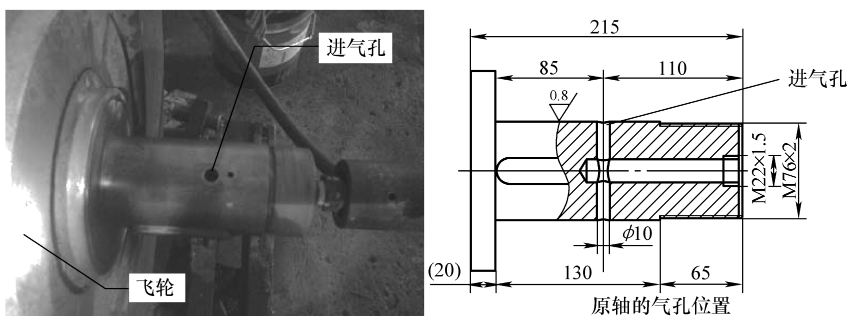


图 8　原轴进气孔实物与测绘图

粗磨，再用抛光片精密抛光，如图 9 所示。精密磨削后测绘尺寸，$\phi80^{+0}_{-0.10}$达到尺寸要求。

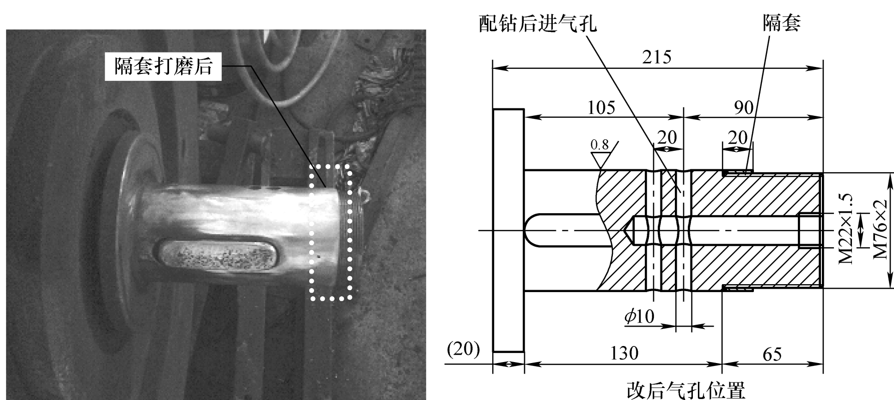


图 9　改后轴进气孔实物与测绘图

5）保证离合器室密封良好。原离合器安装在传力盘的压盖不能再使用，要车一压盖，将气室的气体密封，压盖如图 10 所示。设计配装了两件 O 形圈，其中 O 形圈 $\phi80\times3.55$ 与 $\phi80$ 隔套外径配合，密封气体。O 形圈内 $\phi155\times3.55$ 压住离合器外缸，密封气体。从而保证了离合器气体室内密封的良好，压缩空气不会泄漏。

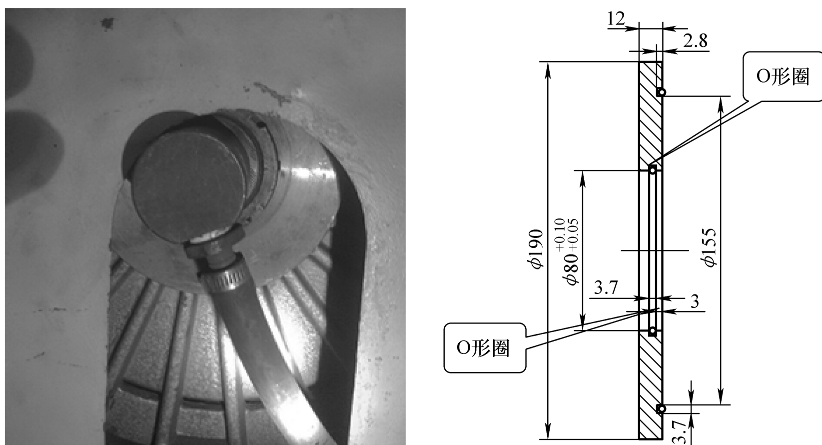


图 10　压盖零件图、实物

5 结束语

经过2天时间，成功改造了该KB0500离合器。安装使用后，试机剪板，离合器不漏气，并能够顺利制动并剪切（图11），剪切稳定，避免了20日左右的停产损失。经过此次离合器故障分析，认为存在部分不足，后续需要采取以下措施：①离合器安装采用偏心销（偏心量达12.5mm）强度不高，生产淡季应将飞轮拆下配钻销孔安装圆柱销为好。②保证离合器气源压力达到0.5MPa，防止离合器打滑损坏摩擦片。③定期（1次/周）检查离合器固定耳的机座螺钉，检查离合器摩擦片对中。④离合器摩擦片定期检查更换（1次/年）。

如此，可延长离合器使用寿命，并且提前发现设备异常，做到预防性维护。



图11 剪板机实物

参 考 文 献

[1] 成大先. 机械设计手册. 第2卷［M］. 4版. 北京：化学工业出版社，2002.

[2] 邱言龙，胡农，等. 车工技师手册［M］. 北京：机械工业出版社，2004.

[3] 蒋健强. 中碳钢的焊接要点［J］. 金属加工（热加工），1980（03）.

[4] 王文翰. 焊接技术手册［M］. 郑州：河南科学技术出版社，2001.

[5] 成永东. 气动离合器产品结构［J］. 机械设计，1994（01）.

钢渣热闷作业用挖掘机的改进

吕启锋
（117000　本钢房地产开发公司综合管理室）

摘　要：钢渣热闷工艺是近几年兴起的一种转炉钢渣处理新工艺。在钢渣热闷工艺流程中，挖掘机在钢渣倾翻后的松渣环节起着重要作用，但挖掘机松渣作业时，工作装置直接与高温钢渣接触，受到了极大地损害。不但工作装置如铲斗磨损变形极快、消耗很大，而且高温致使挖掘机的液压系统故障不断，维修难度大；因作业环境恶劣、负荷大，挖掘机车体部分在碰撞和振动下发生开裂、变形和漏油情况。以上种种现象最后导致了挖掘机作业效率低、维修成本高、生产受制约的后果。经过大量的研究攻关和不断地改造，最终消除了挖掘机热闷作业中存在的几方面问题，维修成本得到了有效控制，开动率得到了提高，生产得到了有效的保证。本文就挖掘机在钢渣热闷作业中存在的问题及分析和解决办法，进行了全方位的论述。

关键词：钢渣热闷　挖掘机　改进

1　引言

钢渣资源化项目是本钢集团公司积极争取国家相关政策支持的项目，不仅有利于提高钢渣的科学回收利用，且具有重要的经济效益；更有助于对环境的保护，也具有重要的社会效益。本钢钢渣资源化项目共包括 60 万 t 钢渣热闷及 120 万 t 钢渣磁选破碎筛分生产线，于 2009 年 11 月 15 日建成投产。

钢渣热闷工艺是近几年兴起的一种转炉钢渣处理新工艺，较以前的钢渣热泼工艺有了较大的进步，不但消除了扬尘污染，而且处理效果更好。钢渣不仅得到了更完全的回收利用，产品品味也得到了极大提高。可以说该工艺的应用具有重要的经济效益，更有助于对环境的保护。

钢渣热闷工艺流程：转炉钢渣在炼钢炉前倒入钢渣罐，钢渣温度高达 1200～1600℃，编组后用火车运输至钢渣热闷厂房，厂房内建有 8 个 5m×7m×5m 热闷池，利用两台 75/45t 四梁双小车铸造起重机将渣罐吊起倾翻到热闷池中，一个热闷池可以倾翻 10 罐钢渣。每翻一罐钢渣，需立即打水冷却并用挖掘机进行松渣处理，保证钢渣不结成大块。翻满后，盖盖进行 24h 热闷，热闷好的钢渣用挖掘机出渣作业，直接送入磁选筛分加工线，进行破碎磁选筛分作业，生产出各种品位的含铁料产品。

钢渣热闷生产线使用的挖掘机为小松 PC300－7 型，挖掘机在整个钢渣热闷中主要对倾翻到池中的高温钢渣进行松渣作业。每翻一罐渣，挖掘机就需要对红渣进行翻动，避免打水时发生积水，再翻渣时发生放炮事故（图 1）。



图 1　挖掘机在高温红渣中作业

2 挖掘机在钢渣热闷作业中存在的问题

1）作业过程中挖掘机铲斗液压缸与高温钢渣距离较近，而且完全暴露，直接受高温红渣烘烤，导致液压油温升较快、液压缸油封极易损坏、油管易爆裂等现象，从而使设备故障率升高。

2）原工艺设计中挖掘机使用铲斗翻渣作业，铲斗为锰钢板焊接而成，不耐高温，而且较单薄；在高温红渣中磨损较快，寿命周期在 10 天左右。如此高频率的更换铲斗，不但影响挖掘机工作效率，且生产成本极高。

3）挖掘机长期在高温环境下作业，液压系统油温升异常，系统部件寿命短；频繁的更换液压缸的部件，液压系统容易进入杂质，导致挖掘机工作无力；油质变差，经常造成阀体卡滞、滤网堵塞等现象，影响挖掘机正常翻渣作业。

4）现场环境恶劣，液压缸油封更换频繁，车体易发生振动和碰撞，特殊的工作方式对车辆底盘及车架等部位损伤较大。

3 针对存在问题的改进措施

（1）挖掘机斗杆工作装置改进　针对生产现场温度高，故障率上升等问题，对挖掘机斗杆进行大胆改造。将原本安装在斗杆外的铲斗液压缸放置在斗杆腔内，避免高温直接辐射。

首先在斗杆内设计安装了一套四连杆机构来操纵松渣器（图 2）；其次特殊加工制作一个力矩相当、且可放进斗杆腔的液压缸，为四连杆机构提供动力，液压油管也尽可能放置在斗杆腔内。改进后，液压油温温升大大减缓，挖掘机开动率得到了有效提高。具体设计如下：

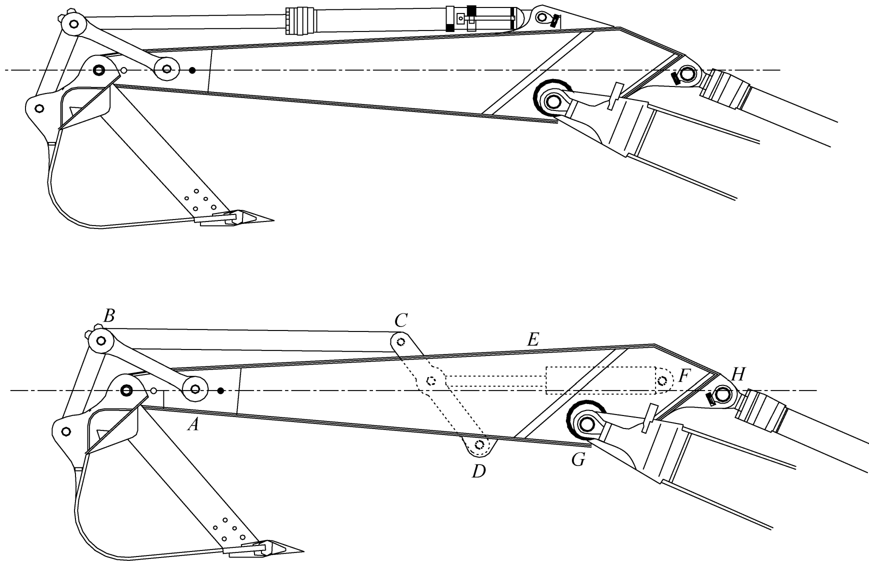


图 2　改进前后斗杆工作装置

C－*D*—1070mm　*A*－*D*—1920mm　*E*－*D*—647mm　*A*－*B*—731mm　*A*－*G*—3178mm

1）杆长及销轴位置的确定：①*AB* 杆为原车附件未改动。②为了使内置液压缸尽量远离高温钢渣，尽量将摇臂 *CD* 铰接点 *D* 远离铲斗端。同时保证焊装的销轴支座在收起斗杆时不与大臂干涉，确定 *D* 点位置为 *AD*＝1920mm。③*CD* 杆长度确定，为了使挖掘机在工作时 *C* 点前端不与热闷池对面的钢坯发生碰撞，同时保证摇臂转动时 *C* 点能够有足够的行程，经现场测试选择 *CD* 杆长度为 1070mm。④*BC* 杆长度的选择，为了保证松渣器工作时角度正常，经现场松渣器收斗及卸载模拟试验，选择 *BC* 杆长度为 1830mm。⑤各连接杆间选择与原车工作装置相同直径 ϕ90 的销轴相连。

2）内置液压缸的选择：该四杆机构为费力机构，为保证动力足够大，改制后的缸筒内径应尽可能大。由于斗杆内腔空间有限，选择标准内径为180mm的液压缸。

3）液压缸缸杆与 CD 杆铰接点 E 的选择：首先对 CD 杆受力分析（图3），假设各力方向与 CD 杆垂直，且不计阻力，原油缸工作时对 B 点的压力为 F_1，改为新结构后 C 点对 BC 杆的压力仍为 F_1，CD 杆上 C 点的反作用力也应为 F_1。

$$F_1 = pS_1 = p\pi R^2 = p\pi \ (70)^2 = 4900p\pi$$

$$F_2 = pS_2 = p\pi R^2 = p\pi(90)^2 = 8100p\pi$$

式中，F_1 为 BC 杆反作用力；F_2 为新液压缸对 E 点的作用力；p 为挖掘机液压系统压强；S_1 为原液压缸无杆腔活塞受力面积（原液压缸内径为140mm）；S_2 为新液压缸无杆腔活塞受力面积。

由力学公式：

$$F_1 CD = F_2 ED$$

$$4900p\pi 1070 = 8100p\pi ED$$

$$ED = 647\text{mm}$$

4）新液压缸活塞行程的确定。取 CD 杆两个极限位置（图4）DC 及 DC'，C' 为原液压缸的行程1285mm，依几何公式：

$$DE/EE' = DC/CC'$$

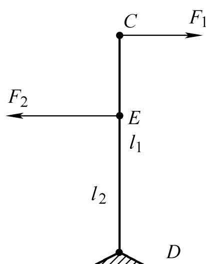


图3　CD 杆受力分析

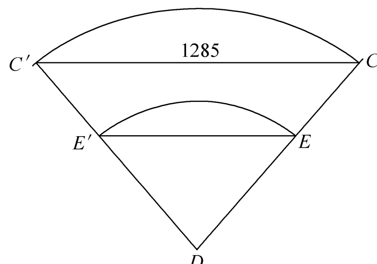


图4　CD 杆行程分析

$$647/EE' = 1070/1285$$

$$EE' = 777\text{mm}$$

依此选择 E 点位置。新液压缸活塞行程为777mm。

5）液压缸与斗杆铰接点 F 的选择：依据 CD 杆的两个极限位置及液压缸的行程，并根据斗杆腔的内部结构，现场选择 F 点位置。

（2）挖掘机松渣器设计制造　针对铲斗磨损加快，更换频率高的现状，对挖掘机的终端工作装置的设计制作进行研究。耙子松土在日常生活中经常见到，这一想象给我们带来了设计灵感，决定设计制作一个耐高温、耐磨的三齿松渣装置——松渣器（图5）。松渣器与铲斗液压缸的四连杆机构可靠连接，形成一个全新的工作装置。

1）把松渣器设计成上部结构和下部铲齿两部分，上下部通过一根通轴连接并可靠焊接形成一个整体。

2）结构部件外形与原铲斗保持一致，以保证与四连杆机构可靠连接，为保证铲齿的使用寿命，铲齿外形设计成较为粗壮的锥形，上部最大宽度为188mm，齿尖宽度为100mm，长度为1000mm，铲齿前端400mm与后部成40°角，保证松渣器具备足够的挖掘力。

3）齿间距设计为420mm，保证松渣时阻力不至于太大。

4）组装过程中，对焊接环节严格要求，壁厚大于20mm开10×45°单面坡口，壁厚大于30mm需开双面坡口，以保证整体结构的刚度。

该松渣器投入使用后，切实起到了较为理想的松渣效果，使用周期大大延长，一个松渣器可使用50天，而且，铲齿可更换，上部结构在不变形的情况下可更换2～3次铲齿，满足生产需要。

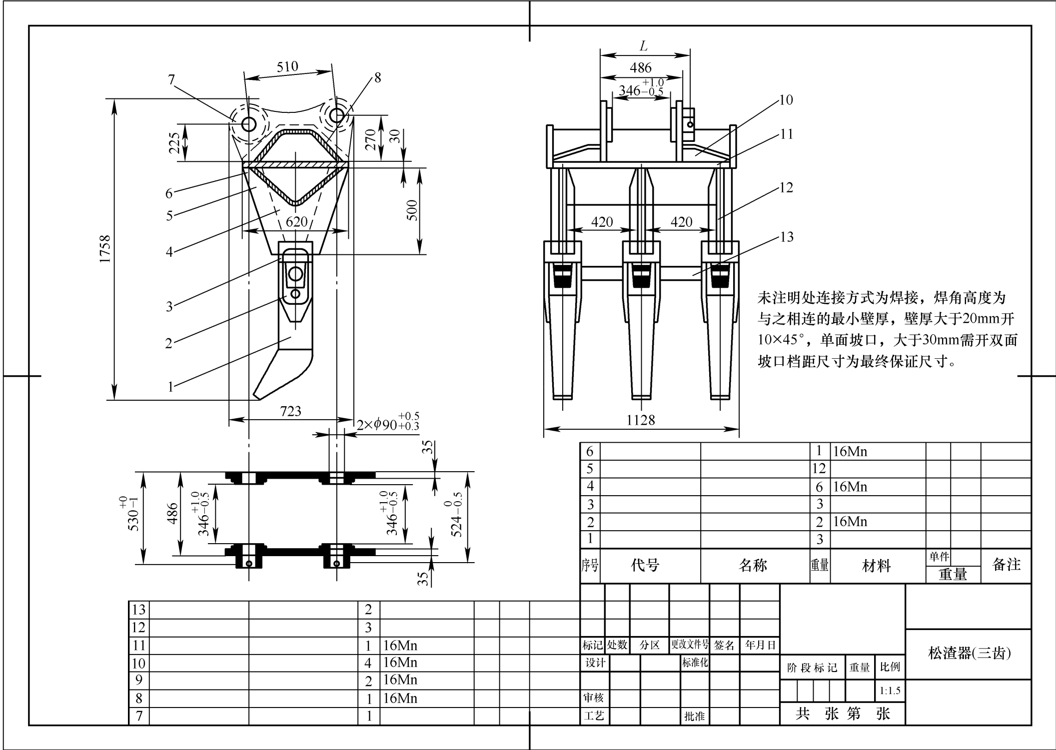


图5　松渣器

（3）挖掘机液压油循环系统的改进

1）增设附加油箱。针对高温环境下液压油温异常升高、液压油变质加快的问题，在主泵及工作系统的回油管路中分别加装了一个800mm×270mm×600mm及600mm×400mm×300mm的附加油箱，以增加液压油的散热面积，起到液压油降温作用，减少因高温引起的液压系统故障。

2）加装白钢滤清器。在液压系统主回油路附加油箱及控制油路附加油箱分别加装了一套5μm白钢过滤器，进一步对液压油进行过滤，防止杂质进入液压系统，延长液压部件使用寿命。

（4）挖掘机其他部分改进

1）铲斗油封国产化。长时间的高温作业，挖掘机铲斗液压缸油封极易老化、渗油，原厂油封近5000元一套，四五天就要更换一套，成本非常高。经攻关研究，从专业厂家定做了耐高温氟胶液压缸油封，对该油封进行国产化和当地化，经使用，效果很好，完全可以达到原厂油封的标准，单套价格只需四百多元，年可节约备件费用20余万元。同时在液压油管外裹石棉布和胶管做防护处理，防止高温烘烤液压油管路，实行多台挖掘机轮流作业、阶段性的对液压缸及小臂进行打水降温，尽量避免铲斗液压缸缸杆收回时烫伤油封。

2）驱动轮增加防护。挖掘机在翻渣作业时驱动轮端盖常与热闷池水封槽发生碰撞，导致驱动轮端盖经常被水封槽刮伤，造成驱动轮端盖螺栓松动，齿轮油渗漏。针对此问题，巧妙利用废旧销轴在车架两侧焊接了护铁，使水封槽不和驱动端盖直接接触，而是与护铁相碰，避免了驱动部件损伤，经使用，效果非常好。

3）底盘车架加固。挖掘机在松渣作业时负荷较大，底盘经常单侧翘起、落下，振动较大，而且水封槽对链板冲击力也较大，导致车架底部开裂，补焊后很快又发生裂纹。对挖掘机车架开裂部位进行打坡口，重新焊接，之后，制作了30mm厚的三角筋板，按间距300mm的距离焊接在车架底部内侧，对车架进行强有力的加固，使用了近两年，再未发生底盘车架开焊现象。

4　改进效果

通过对挖掘机在钢渣热闷作业环境中存在的问题进行不断的分析和改进，切实解决了制约设备运行的问题，有效降低了设备维修成本，生产得到了可靠保证，经统计，挖掘机的月可开动率较改进前的75%提高到了95%，改用松渣器后年可降低铲斗购置费30万元，液压系统和四连杆机构的改进，大大降低了液压系统故障，节省了液压部件的更换，粗略估算，年可降低维修费用50万元，而且极大降低了维修工人的劳动强度。

参 考 文 献

[1]　小松（常州）工程机械有限公司. PC300－7装修手册［M］.

[2]　赵捷、李科存. 小松挖掘机维修手册［M］. 沈阳：辽宁科学技术出版社，2010.

[3]　张凤山、静永臣. 小松挖掘机结构与维修［M］. 北京：人民邮电出版社，2010.

[4]　杨国平. 工程机械液压系统的故障诊断及排除实例［M］. 长沙：湖南科技出版社，2002.

独立机泵组传动系统问题分析与改造

赵晓凯　程永升　吕永　赵跃佳
（300457　中国石油渤海钻探工程有限公司国际工程分公司）

摘　要：以石油钻修井行业中常用的 F－800 型独立机泵组为例，详细地阐述了传动系统对泥浆泵和柴油机工作性能的影响，并对传动系统存在的问题进行了分析，为安全高效地使用好泥浆泵和柴油机提出了传动系统改造方案。

关键词：泥浆泵　独立机泵组　传动　柴油机

1　引言

石油钻修井行业中所使用的泥浆泵分为修井泵和钻井泵，修井泵基本上都是柱塞泵，特点是功率较小、排量较小、压力相对较高。由于修井泵大都以机油为介质采用强制的方式润滑和冷却柱塞，所以润滑和冷却条件较好。它的每个柱塞可以达到 7.5 冲/s，所以修井泵一般输入转速较高，可以达到 2000r/min 以上，与高速柴油机的输出转速相当。

钻井泵基本上都是活塞泵，特点是功率大、排量大、压力相对较低。由于钻井泵大都以水为介质采用飞溅的方式润滑和冷却缸套和活塞，所以冷却和润滑条件较差。每个活塞不能大于 2.5 冲/s，活塞泵的输入转速相对柱塞泵而言较低。

F 系列钻井泵按照功率的大小有 F－500、F－800、F－1000、F－1300、F－1600、F－2200 等型号。其中 F－500、F－800、F－1000 属于中功率泥浆泵，F－1300、F－1600、F－2200 属于大功率泥浆泵。

根据目前成熟钻机的配套方案，3000m 以上钻机基本上都是电动钻机。与 3000m 以上钻机配套的大都是以电动机驱动的大功率泥浆泵，电动机由晶闸管调速或者变频器调速，所以大功率泥浆泵的调速范围宽、调速性能好、可控性强，它既可以满足大排量的钻井需要，又可以满足高泵压的试压需要。

钻修两用机和 3000m 以下钻机大都是机械式钻机，采用运移方便的车载形式。它们大都配置中功率泥浆泵，由柴油机单独拖动，它的传动系统与大功率泥浆泵不同，根据其独特的结构特点，对这种钻井泵称作独立机泵组。

下面以 F－800 型独立机泵组为例，对独立机泵组的构造做一简单介绍。如图 1 所示，它主要由柴油机、离合器、带传动系统、泥浆泵及其附件等构成。总体上它由两个模块组成，一个模块用于安装柴油机、

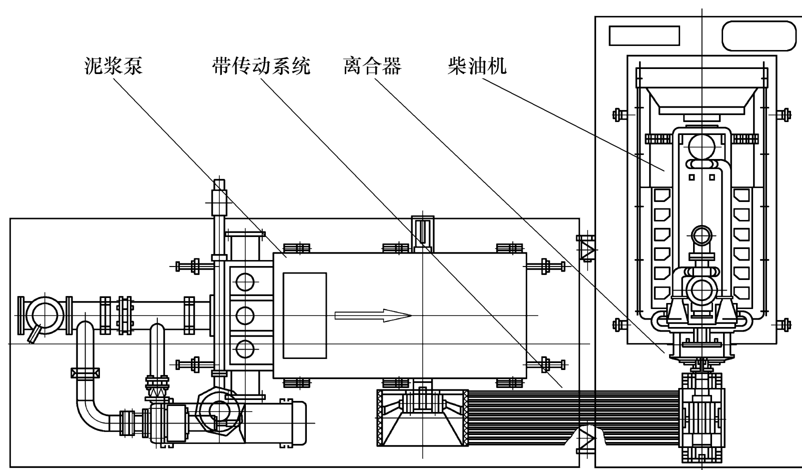


图　1

离合器和带传动系统的小带轮；另一个模块用于安装泥浆泵、其余的带传动部分及其附件等。带传动系统由小带轮、传动带、大带轮、护罩等组成。

2　独立机泵组在现场工作中存在的问题

由于独立机泵组自身独特的配置和结构，传动比无法改变，泥浆泵排量的调节只能靠调节柴油机的转速来实现。我们知道，泥浆泵的排量与柴油机的转速成正比，泥浆泵的排出压力与和柴油机的输出转矩成正比。由于独立机泵组主要用于钻井，生产厂家在设计独立机泵组的传动系统时，主要考虑的是保障正常钻进过程中大排量的要求，所以减速比都设计得比较小。但是在试压时，独立机泵组只能通过调节柴油机的转速来调节泥浆泵的排量。由于柴油机的调速范围非常有限，无法达到泥浆泵试压要求输入的低转速，所以无法满足低排量和高泵压试压的要求。这个问题严重影响了柴油机的寿命，并对试压造成操作困难，下面分别予以论述。

（1）试压对柴油机的影响　从上面的论述知道独立机泵组试压时，为了控制泥浆泵的排量只能尽量降低柴油机的转速。根据柴油机的基本知识知道，柴油机在低速时输出转矩很小，但是泥浆泵在试压时要求的输入转矩很大。所以柴油机在试压时因为输出的转矩不足经常会导致柴油机转速很不稳定、排气管发红、冒浓烟，甚至导致柴油机熄火。由于柴油机转速低，喷油泵的喷油压力也较低，柴油雾化不好，同时燃烧室内气流运动减弱，柴油和空气混合不均匀。在速燃和缓燃期中，尚有一些燃料及分解物未能与氧气混合，不能及时燃烧而拖到膨胀过程中。在膨胀过程中随着气体的扰动才能与氧气接触而氧化燃烧，导致喷油头积炭，进一步导致柴油雾化不好。另一方面，在膨胀过程中气缸内氧气已大大减少、废气增加、燃烧条件变坏，使得补燃期延长。其后果是柴油机零件的热负荷增加、排气温度升高，这使得涡轮增压器的工作条件进一步恶化，从而严重影响柴油机的使用寿命。柴油机在低速时，润滑油压力相对较低，润滑油润滑不好，也导致柴油机磨损加剧。

（2）试压操作困难　根据以上所述，泥浆泵在试压时柴油机在低转速下承受高转矩导致柴油机转速不稳甚至熄火，所以试压很不稳定和很难控制泵的压力。有的时候柴油机即将熄火但是排量仍然达不到预期的低排量要求，导致无法继续进行试压。在这种情况下，现场一般采取以下三种措施来维持试压作业。第一种是采用不断闭合和切断离合器的方法使得泥浆泵间歇工作进行试压，这样做的缺点是很容易烧毁离合器。第二种是拆除泥浆泵一个或者两个上水阀，这样做的缺点是试压脉动大，试压完毕需要恢复泥浆泵的上水阀，造成人力和时间上的浪费。第三种是单独配置一台专门用于试压的修井泵，设备浪费大，投入成本高。显然这三种办法都是不可取的。

3　独立机泵组传动系统问题分析

（1）F－800 型独立机泵组的配置参数　F－800 型独立机泵组的动力来自于 CATERPILLER 3412 柴油机，它的功率是 715hp、转速是 1800r/min。带传动系统大轮的直径是 1250mm，小轮的直径是 400mm。泥浆泵是 F－800泵，功率 800hp、泵齿轮传动比 4. 185: 1 、冲数 2. 5 冲/s、冲程 228. 6mm。排量和压力的关系见表 1。

表　1

缸径/mm	170	160	150	140	130	120
压力/MPa	13. 5	16. 3	17. 4	20. 0	23. 2	27. 2
排量/(L/s)	38. 9	34. 4	30. 3	26. 4	22. 7	19. 4

（2）F－800 型独立机泵组传动比核算　根据以上已知条件和数据对泥浆泵的工作参数（表 2）及带传动比进行理论计算，根据如下公式：

$$活塞每个行程的排量 = \pi \times (缸径/2)^2 \times 冲程$$

$$曲轴每转的排量 = 活塞每个行程的排量 \times 3$$

$$泵输入轴每转排量 = 曲轴每转的排量/泵齿轮传动比$$

可得

表 2

缸径/mm	170	160	150	140	130	120
活塞每个行程排量 / (L/stk)	5.19	4.59	4.04	3.52	3.03	2.58
曲轴每转的排量/ (L/r)	15.56	13.78	12.11	10.55	9.10	7.75
泵输入轴每转排量/ (L/r)	3.72	3.29	2.89	2.52	2.17	1.85

以 170mm 缸套为例：

曲轴最大转速 = 泥浆泵排量/曲轴每转的排量 $= \frac{38.9\text{L/s}}{15.56\text{L/r}} = 2.5\text{r/s}$

泥浆泵最大输入转速 = 曲轴最大转速 × 齿轮传动比 = 2.5r/s × 4.185 = 10.46r/s = 628r/min 所以，F－800 型独立机泵组带传动系统的理论传动比：

$$理论传动比 = \frac{1800\text{r/min}}{628\text{r/min}} = 2.87$$

根据大带轮和小带轮的直径，可以计算出实际的传动比是 3.13∶1，比理论计算的传动比略大。

（3）F－800 型独立机泵组试压时最佳的柴油机转速和最佳的机械传动比　试压时，首先将柴油机转速调高用泥浆泵把井筒灌满，然后根据压力的不断上升逐步降低柴油机的转速，将泥浆泵的排量减小到既能满足试压平稳、容易控制，又要满足试压时间不能太长。

根据柴油机基本知识我们知道柴油机的最佳工作转速一般在柴油机全功率的 85% 左右，这时柴油机输出转矩大，油耗较低。根据 CATERPILLER 3412 柴油机转速－转矩曲线可以看出（图 2），柴油机在 1250～1450r/min 的转速区间内柴油机的输出转矩最大，而且转矩特性比较硬。另外，根据这个曲线还可以看出柴油机工作在 1250r/min 时功率是 550hp（1hp = 745.7W），达到柴油机全功率的 77%，柴油机工作在 1450r/min 时功率是 630hp，达到柴油机功率的 88%。所以无论从转矩还是从功率来说，柴油机在这一转速区间工作是最理想的。

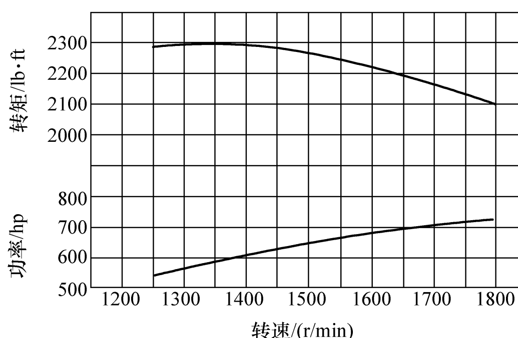


图　2

因此，在现场使用中无论是试压还是钻井（或者大排量洗井），只要能够保障泥浆泵安全平稳工作，能够保障试压和钻井对排量的要求，则应该尽量选择柴油机在 1250r/min 到 1450r/min 的转速区间工作。

对于独立机泵组来说，柴油机的输出转矩和泥浆泵的输出压力成正比。根据图 2 柴油机转速－转矩曲线可以看出 CATERPILLER 3412 柴油机在 1250r/min 到 1450r/min 时的输出转矩比较大，在 1350r/min 这一转速输出的转矩最大。所以，对于 F－800 型独立机泵组在试压时，最佳传动比的设计应选择 1350r/min 这一转速为基准转速。

参考钻井现场专门用于试压的 3PC－270 修井泵，在Ⅰ档情况下的 321L/min 排量作为 F－800 泵试压的典型排量。以 F－800 泵钻井中应用最多的 140mm 缸套为例，计算 F－800 泵试压时的最佳的传动比。计算如下：

$$试压最佳泵输入转速 = 试压典型排量/泵输入轴每转排量$$

$$= \frac{321\text{L/min}}{2.52\text{L/r}} = 127\text{r/min}$$

$$试压最佳传动比 = 最佳柴油机转速/泵最佳输入转速$$

$$= \frac{1350\text{r/min}}{127\text{r/min}} = 10.63$$

（4）F－800 型独立机泵组钻井（或大排量洗井）时最佳的柴油机转速和机械传动比　对于 F－800 型独立机泵组来说，泥浆泵的排量和柴油机的转速成正比，所以 CATERPILLER 3412 柴油机在最高转速时，

泥浆泵的排量是最大的。也就是说 F－800 型独立机泵组在钻井或大排量洗井时，最佳的柴油机转速就是 CATERPILLER 3412 柴油机的最高转速 1800r/min。

由前面的计算可知带传动系统的理论传动比是 2.87，它也就是 F－800 型独立机泵组钻井（或大排量洗井）时最佳的机械传动比。

4 F－800 型独立机泵组传动系统改造的方案

（1）改造方案的建立 柴油机转速的改变可以很容易地通过调整柴油机节气门来实现。但是，柴油机的调速范围是有限的，不能同时覆盖泥浆泵从钻井（或大排量洗井）到试压所要求的输入转速范围。而且柴油机在低速时的转矩特性非常软，带载能力非常差。为了能够有效发挥柴油机的工作能力，就必须要提高柴油机的工作转速。为了使得这个较高的柴油机转速既能满足泥浆泵钻井（或大排量洗井）时高输入转速的要求，同时又能满足泥浆泵试压时低输入转速的要求，就必须要变换传动系统的传动比。变换传动比就必须使用变速器。

带液力变矩器的变速器虽有工作平稳、操作简单的优点，但是它的结构复杂、成本很高。机械变速器有传动可靠、结构简单的优点，但是它需要配置离合器、换档操作较困难、吸收振动及冲击载荷能力较差。带传动虽然不能换档，但是具有传动平稳无噪声，能缓冲吸振，另外过载时带将会在带轮上打滑，可防止薄弱零部件损坏，起到安全保护作用。

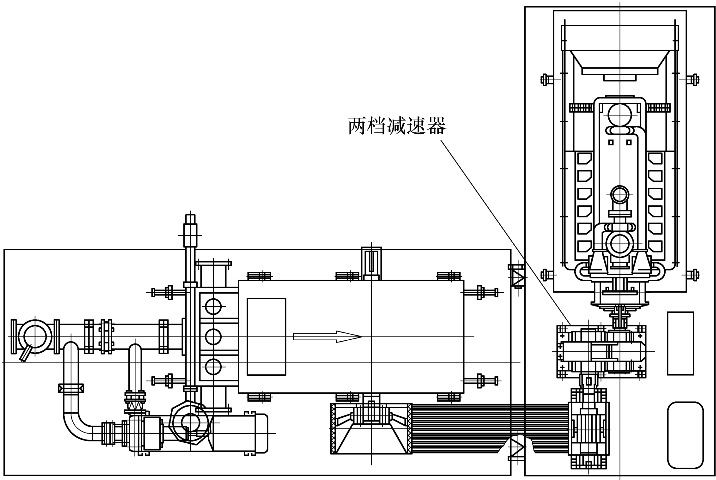


图 3

通过泥浆泵在钻井（或大排量洗井）和试压两种工况下对输入转速要求的论述，以及机械变速器传动和带传动方式的介绍。可以得出：独立机泵组在用于钻修井作业时最好选用两档机械减速器和带减速相结合的复式传动系统，如图 3 所示。机械减速器的传动比和带传动的传动比的乘积就是整个传动系统的复合传动比。两档机械减速器在高传动比时用于试压工况，高传动比的设计必须满足试压时低排量和高泵压的要求。两档机械减速器在低传动比时用于钻井（或大排量洗井）工况，低传动比的设计必须满足钻井（或大排量洗井）时高排量和较高压力的要求。

（2）两档减速器的选型 根据以上对 F－800 型独立机泵组的分析和计算可知：钻井（或大排量洗井）和试压中最佳的柴油机转速和传动比见表 3。

表 3

工况	最佳柴油机转速	最佳传动比
试压工况	1350r/min	10.63
钻井（或大排量洗井）工况	1800 r/min	2.87

为了尽量降低改造成本和尊重原厂家对传动比的设计，保留原来的离合器和传动比为 3.13∶1 的带传动系统，改造的方案是在离合器的输出端和小带轮之间增加一个两档机械减速器。

由于带传动系统的传动比是 3.13∶1，已经能够满足钻井和大排量洗井的排量需要，那么就将两档机械减速器的低传动比设为 1∶1，那么两档机械减速器的高传动比如下式：

$$高传动比 = 试压最佳传动比/带传动比$$

$$=\frac{10.63}{3.13}=3.4$$

经过查阅有关两档机械减速器的资料，型号为 ZDY450－1.2/3.2－Ⅱ的两档减速器的低传动比是 1.2，接近于假定值 1，高传动比是 3.2，接近于计算值 3.4，而且转矩和转速都符合 F－800 型独立机泵组的要求。所以，F－800 泵的改造选用型号为 ZDY450－1.2/3.2－Ⅱ的两档减速器。

（3）改造后的传动比　按照以上改造方案和两档减速器的选型，改造后的 F－800 型独立机泵组实际的复合传动比计算如下：

$$低复合传动比=带传动比\times减速器低传动比$$
$$=3.13\times1.2=3.76$$
$$高复合传动比=带传动比\times减速器高传动比$$
$$=3.13\times3.2=10.02$$

可见，改造后低复合传动比 3.76 比原来的传动比 3.13 略大，最大排量略小于改造前，对泵的使用基本不会造成影响。改造后的高复合传动比 10.02 和上面计算的最佳试压传动比 10.63 相差不大，改造后接近最佳预期效果。

所以，F－800 型独立机泵组的改造方案是在传动系统中增加一个型号为 ZDY450－1.2/3.2－Ⅱ两档机械减速器。这个改造方案既可以保证 F－800 型独立机泵组在高速档（即低传动比）时满足钻井和大排量洗井的要求，也可以保证 F－800 型独立机泵组在低速档（即高传动比）时满足试压的要求。

（4）改造后压力和排量的关系　下面我们以 170mm 缸套为例，对按照上述方案改造后的 F－800 型独立机泵组的排量和压力重新进行核算，根据公式：

$$排量=\frac{\dfrac{柴油机最大转速/复合传动比}{泵齿轮传动比}\times3\times\pi\times\left(\dfrac{活塞直径}{2}\right)^2\times活塞行程}{60}$$

可得

$$高速档最大排量=\frac{\dfrac{1800/3.76}{4.185}\times3\times\pi\times\left(\dfrac{0.17}{2}\right)^2\times0.2286\times1000}{60}\mathrm{L/s}=29.66\mathrm{L/s}$$

$$低速档最大排量=\frac{\dfrac{1800/10.02}{4.185}\times3\times\pi\times\left(\dfrac{0.17}{2}\right)^2\times0.2286\times1000}{60}\mathrm{L/s}=11.13\mathrm{L/s}$$

根据改造前的泵压和排量，来计算 F－800 泥浆泵的水功率（假设容积效率为 1），根据公式：

$$P_{\mathrm{hr}}=\frac{pQ_{\mathrm{t}}\eta_{\mathrm{v}}}{44750}$$

式中，P_{hr}为泵水力功率（hp）；p 为排出压力（kPa）；Q_{t} 为泵排量（L/min）；η_{v} 为容积效率。

可以计算出 F－800 泥浆泵的水力功率：

$$P_{\mathrm{hr}}=\frac{pQ_{\mathrm{t}}\eta_{\mathrm{v}}}{44750}=\frac{13.5\times1000\times38.9\times60\times1}{44750}\mathrm{hp}=704\mathrm{hp}$$

接下来计算改造后泥浆泵在高速档和低速档时各自的压力。由 $P_{\mathrm{hr}}=\frac{pQ_{\mathrm{t}}\eta_{\mathrm{v}}}{44750}$可得泵排出的压力：

$$p=\frac{P_{\mathrm{hr}}\times44750}{Q_{\mathrm{t}}\times\eta_{\mathrm{v}}}$$

高速档的压力：$p=\frac{704\times44750}{29.66\times60\times1}\mathrm{kPa}=17703\mathrm{kPa}=17.70\mathrm{MPa}$

低速档的压力：$p=\frac{704\times44750}{11.13\times60\times1}\mathrm{kPa}=47176\mathrm{kPa}=47.18\mathrm{MPa}$

按照上述压力计算可以知道，理论上活塞最大可以产生的压力远远大于泥浆泵原来的最大工作压力。但是泥浆泵动力端十字头能够承受的最大推力和泵头最大的承受压力是有限的。所以将改造后的最大压力限制为泥浆泵原来最大的工作压力，也就是 27.20MPa。

按照上述的计算方式，可以得到改造后 F－800 型独立机泵组各种缸套直径对应的排量和压力关系，见表4。

表 4

缸径/mm		170	160	150	140	130	120
排量/(L/s)	高速档	29.66	26.28	23.09	20.12	17.35	14.78
	低速档	11.13	9.86	8.67	7.55	6.51	5.55
压力/MPa	高速档	17.70	21.34	22.83	26.25	27.20	27.20
	低速档	27.20	27.20	27.20	27.20	27.20	27.20

注：表格中的数据为柴油机在转速 1800r/min，容积系数取为 1 的条件下计算得出。

5 结束语

通过对 F－800 型独立机泵组传动系统的分析，可以看到独立机泵组特有的传动方式导致它普遍存在着钻井（大排量洗井）和试压不能同时兼顾的问题，说明了传动系统改造的必要性。通过对独立机泵组传动系统的分析，确定了独立机泵组传动系统的改造方案。通过增加一个两档减速器的改造，使得独立机泵组满足了石油钻修井行业中既能用于试压、又能用于钻井（或大排量洗井）的现场工作要求，且达到合理使用柴油机及延长了柴油机寿命的目的。

参 考 文 献

［1］ 3400 INDUSTRIAL ENGINE PERFORMANCE，LEBH9181，CATERPILLAR ENGINE DIVISION，1999（9）.

［2］ 徐工集团．工程机械功率传输的优化匹配［J］．工程机械与维修，2012/10/24，http：//news.d1cm.com/2012/10/24/102418500737117.shtml.

［3］ 胡福祥．康明斯柴油机不宜长时间低速运转［J］．汽车维修与保养．

［4］ Gilles GABOLDE，Jean－Paul NGUYEN. Drilling Data Handbook［M］. 1978.

涂胶自动线的开发和应用

张拂晓
（130012　一汽轿车股份有限公司二工厂总装车间）

摘　要：涂胶机是整车生产领域不可缺少的重要设备。随着时代进步和电子技术的不断发展，涂胶设备也由最简单的涂胶机发展到现在的软仿形涂胶系统。所以，有必要对涂胶机系统的设计进行更深入的研究，以便使我们跟上国际涂胶系统发展的步伐。本文主要联系我公司二工厂总装车间涂胶机器人的应用实际，探讨涂胶自动线系统的组成、原理及系统的设计。

关键词：软仿形　风挡玻璃涂胶　涂胶自动线　机器人控制器　PLC　GOT

1　涂胶自动线现状与背景

现在国际上流行的涂胶自动线系统一般分为三种，第一种是一般涂胶机，这种涂胶机只适合于对简单的工作平面进行涂胶，因为它只有一个运动轴，只能作往复运动（有时也称往复机），被涂胶的工件一般均在自动线上运动，可以完成对平面涂胶。第二种是机械硬仿形涂胶机，靠安装在涂胶机内部的仿形导轨来引导喷枪运动，这种仿形是按照被涂胶对象的外表面设计而成的，导轨的仿形形状有 S 形和 C 形等。第三种是软仿形涂胶系统，这种涂胶系统在被涂胶表面运动时，一般需要三个运动轴同时运动。胶枪运动的轨迹是靠计算机的软件编程来控制，以达到对不同的涂胶对象涂胶时，只需使用不同的运动程序。这样，使用一套软仿形涂胶设备就可以完成对不同的涂胶对象进行相应的涂胶。

同时，随着机器人技术的发展，机器人技术在各行各业中得到了广泛的应用。机器人作为执行机构，具有控制方便、执行动作灵活、可以实现复杂的空间轨迹控制等特点，特别适用于多品种、变批量的柔性化生产。

所以，以下着重介绍应用机器人的软仿形涂胶系统的设计开发和应用实际。

2　涂胶自动线概况

涂胶自动线用于完成车辆前后风挡玻璃底胶、密封胶的涂胶作业及装配到车身的作业，由涂胶系统、定量齿轮泵、机器人、旋转升降装置、输送系统、定位识别夹紧装置、往复输送装置、清胶装置、热风干装置、翻转机和玻璃搬运滑车、搬运吊具等构成，能够适用于多种车型需要的柔性化自动线。

为了避免风挡玻璃出现漏雨情况，涂胶轨迹的胶形必须是等腰三角形或近似等腰三角形，底 6 ~ 9mm，高 11 ~ 14 mm，截面面积不小于 40mm^2 三角形截面形状，山状对称无偏倒（表 1）。自动涂胶枪前端抢嘴的设计为空心圆柱形，底部出胶口开有等腰三角形槽，可以保证涂胶轨迹的胶形状态，材料选择铜棒，既耐磨又防止划伤玻璃。

表 1　胶形参数要求

胶条高度值	玻璃胶条宽度值	玻璃胶条形状	截面面积
11 ~ 14 mm	6 ~ 9mm	等腰三角形或 近似等腰三角形	不小于 40mm^2

3　涂胶自动线机械系统构成

（1）玻璃输送系统

1）无动力辊道（图 1）。由无动力滚轮输送线、倾斜滚道输送，滚道末端设有升降挡块，铝合金型材结构，滚轮为橡胶材料，倾斜滚道可调节余量 3° ~ 5°。

360° 自由旋转升降装置，行程 900mm，主要由转台、升降装置、粗定位柱、转台旋转到位识别装置和

底架构成。当转台上有玻璃时，通过托盘、粗定位柱把玻璃粗定位在旋转台上，用手可自如使转台旋转，不会剐蹭辊轮，便于人工完成清理、涂底胶等工作。

2）圆形带输送（图2）。玻璃输送过程采用交流伺服放大器控制伺服电动机加编码器反馈组成伺服系统，上位机采用 FX2N 系列 PLC 基本单元。外加两个扩展单元和脉冲发生器单元。通过编码器反馈上来的位置信息进行编程，向伺服电动机上口的伺服放大器发送定量脉冲实现简单定位。



图1　无动力辊道



图2　圆形带

3）往复机输送（图3）。吸附式传送系统，有吸附装置、驱动装置、顶升气缸等构成。往复机有两套，采用三菱伺服电动机 + 直线导轨 + 定位机构等驱动、定位，交替输送玻璃，互不干涉，在工位 5 与工位 6 之间运行，顶升定位机构通过定位销将溜板的 X、Y 向精确定位。

4）双轨电动小车（图4）。输送滑车为双轨电动小车，小车下部装有 4 个缓冲吸盘，吸盘具有防跌落设计，小车通过滑轨可沿 X、Y 轴向移动，X、Y 方向均由减速电动机、摩擦轮驱动，变频器控制，通过导轨上布设相应的感应器，能使小车记忆方向，自动回搬运起点。

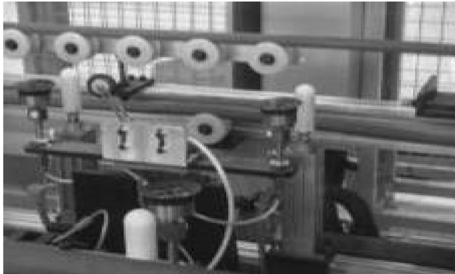


图3　往复机

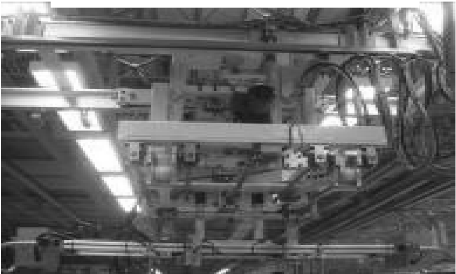


图4　双轨电动小车

（2）热风干装置　热风干装置装备两套（图5），由电加热装置和吹风管路等组成，可对清洁剂及底胶进行加热吹干，缩短底涂晾置时间。加热功率为 3kW，风机为 180W。出口接环形不锈钢风管，用于加快清洁剂及底胶的干燥。风量及温度可控制调整。烘干时间可以在主柜触摸屏上修改设定。

（3）供胶系统　定量供胶系统采用美国 CRACO D200s 产品，自动双泵切换全程加热供胶系统，用于胶的输出（图6）。为保障自动线出现故障时正常生产，系统可实现自动/手动涂胶的切换，手动涂胶的按



图5　热风装置



图6　供胶泵

钮可根据涂胶工作速度、涂胶轨迹调整涂胶量。

自动涂胶枪用于胶的输出和涂布，为了防止胶管的缠绕，涂胶枪带有活结头可 360°旋转，可实现胶嘴旋转而胶管不随其旋转，避免胶管缠绕，涂胶枪结构设计要求保证涂胶嘴不拉胶，从而起到既省胶又提高涂胶质量、操作环境干净的效果。

（4）对中定位识别机构　对中定位夹紧机构由一套 X 方向及一套 Y 方向的可读行程气缸和直线导轨滑块、齿轮齿条等机构组成。检测数据由可读行程气缸（图 7）的内置位移传感器读出与设定值比较，辨别车型，当前值在设定的正常范围之内时，机器人自动调用程序涂胶，否则输出报警信号，交由人工处理。设定值可在操作面板的触摸屏上修改。

该装置对不同尺寸、不同类型的玻璃具有良好的适应性，可适用于多车型的柔性生产，对外形差异不明显的玻璃，也能识别。

（5）涂胶机器人　机器人单元选用 MOTOMAN－HP20 机器人本体（壁挂式）和控制系统（图 8）。机器人在起停、转弯、减速时能提供给控制系统相应信号，并控制定量泵伺服电动机的转速，从而控制供胶系统的出胶量、保持涂胶均匀。

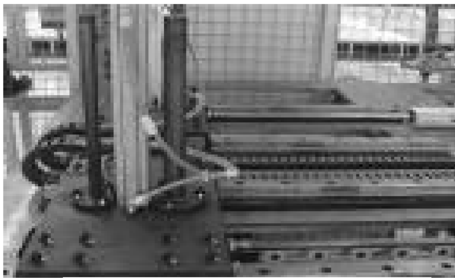


图 7　可读行程气缸

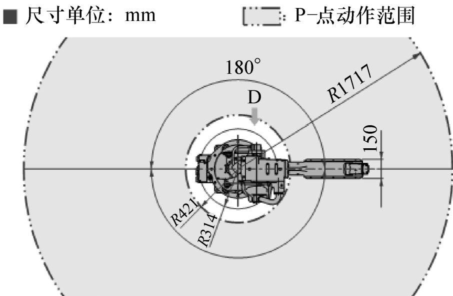


图 8　机器人

（6）玻璃翻转装置　翻转机构由转臂、支座、带制动的伺服电动机和控制系统组成。通过伺服电动机带动转臂旋转，转臂上有玻璃吸附支架，伺服电动机可正、反向旋转，翻转角度为 180°，传动轴上设置有一个感应块，由接近开关感应并控制伺服电动机的加速、减速和停止，控制玻璃平稳的输送。

球头真空吸盘可适应不同弧面玻璃，将玻璃吸住后，随转臂翻转 180°，使未涂胶面朝向操作工。

4　涂胶自动线电控系统构成

（1）可编程序控制器的硬件系统

PLC 是微机技术和继电器常规控制概念相结合的产物，是在程序控制器、1 位微处理机和微机控制及其基础上发展起来的新型控制器（图 9）。

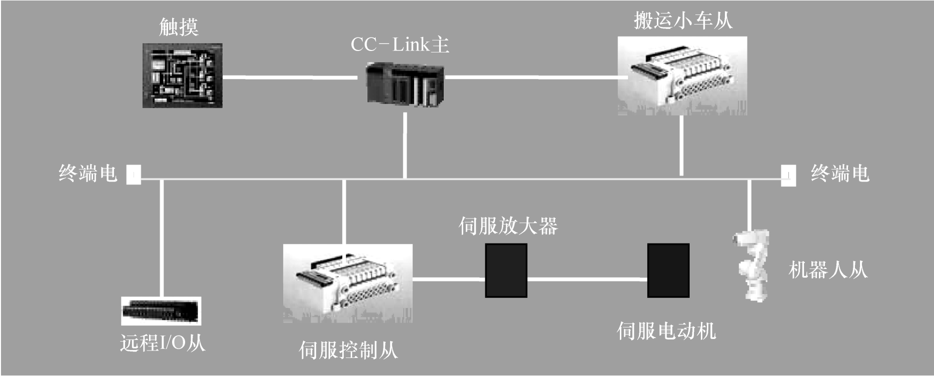


图 9　PLC 控制系统

1）本机 PLC。主柜选用的 MITSUBISH Q02H 系列 PLC，是电控系统的控制核心，通过独立的输入/输出模块和 CC－Link 模块来实现对外围设备的控制，运动控制选用 FX2N 系列 PLC 作为基本单元，外加两个扩展单元和脉冲发生器单元，向伺服电动机的伺服放大器发送定量脉冲实现简单定位。

电控系统具有故障提示及报警功能，并且每次出现故障时都能准确地反映出故障具体位置，便于迅速排除故障。其主要包括：工件的错装；机器人碰撞保护功能；工件安装不到位或没有装工件的检测与报警；重复涂胶的检测，进行重复涂胶时系统拒绝执行；胶桶的缺胶报警、光幕安全保护等。

2）PLC 的软件设计。应用三菱公司的 PLC 配套软件 GX Develop，根据被控对象的输入/输出信号及所选的 PLC 型号分配 PLC 的硬件资源，为梯形图（图 10）的各种继电器或接点进行编号，再根据软件规格说明书，用梯形图进行编程。此外，由于运行轨迹的规划是在机器人控制器中实现，PLC 编程还需涉及机器人的安全控制和顺序的逻辑编程，以 I/O 形式与机器人控制器进行通信。

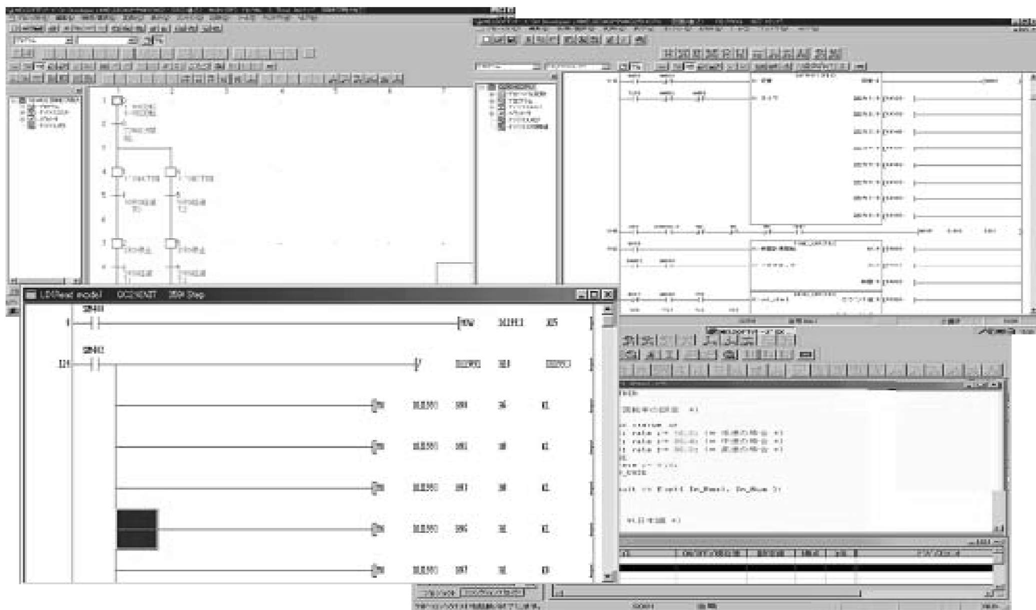


图 10　PLC 编程梯形图

（2）机器人控制系统

1）NX100 控制柜。机器人控制器选用日本安川公司的产品，型号为 NX100。其控制原理分四个过程：第一个过程在机器人控制中称作示教，也就是通过计算机可接受方式告诉机器人去做什么，这里为涂胶枪的走行轨迹；第二个过程则是机器人控制系统中的计算机部分，它负责整个机器人系统的管理、信息获取及处理、控制策略的制定，作业轨迹的规划等任务，这是机器人控制系统的核心部分；第三个过程是机器人控制中的伺服驱动信号，驱动伺服电动机，实现机器人的高速、高精度运动，去完成指定的作业。最后一个过程则是机器人控制中的传感器部分，通过传感器的反馈，保证机器人去正确地完成指定作业。同时也将各种姿态反馈到计算机中，以便计算机实时监控整个系统的运动情况。图 11 是机器人控制的基本原理框图。

2）编程方法

① 示教编程：在前后风挡玻璃涂胶轨迹上，先描出数个特征点（如直线与直线的衔接点、直线与圆弧的连接点、圆弧与圆弧的连接点）；然后手动操作机器人，切换直角坐标系和关节坐标系，使胶枪头逐一对准特征点；确认并记忆这些点的坐标后，控制系统自动将这些点连接成一条完整的平滑曲线。

② 按图编程：按照绘好的风挡玻璃图样，将复杂的曲线分割成若干标准的直圆弧、抛物线等，确保这些线单元能够用控制系统固有函数描述。用固有的函数按顺序描述这些线单元，使图样描绘的曲线变为机器人的运动曲线。

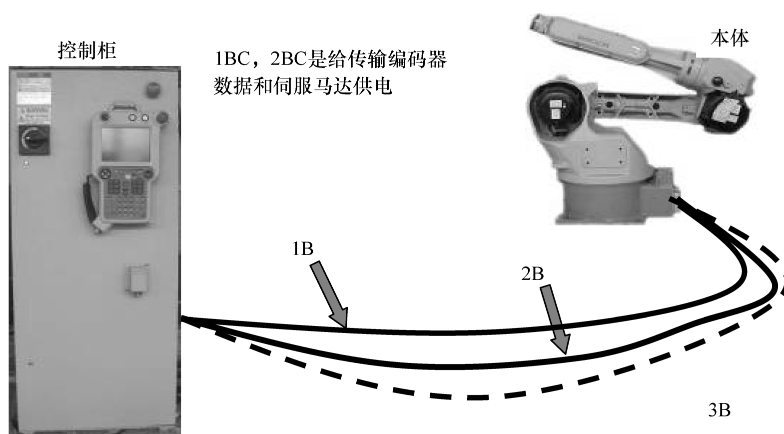


图 11　机器人控制基本原理框图

（3）GOT 图形操作终端　本系统的触摸屏采用日本三菱 GOT1000 系列，作为操作人员和机器设备之间双向沟通的桥梁，可以通过文字、按钮、图形、数字等来处理或控制管理及应付随时可能的变化信息，能明确指示并了解各工位当前的状况。它具有自动控制、状态显示、检测、保护、报警等功能，且能够进行系统故障自诊断，极大地提高了设备的附加性。

5　结论

基于 PLC、机器人控制器、GOT 技术设计的涂胶自动线组成系统比较容易，设计所需的时间相对比较短，且编程操作简单。涂胶控制可视化操作简单易学，并可以随意调用和修改涂胶程序。缺点是系统成本相对较高，并且针对高精密涂胶不能完好的保证涂胶精度。

（1）影响涂胶效果的因素　光滑的空间三维曲线，是工件需要涂胶的运动轨迹。示教编程方式克服了数控编程以涂胶轨迹数据输入，必须借助准确的零件图样及事先计算出轨迹曲线节点的坐标，以及逐步输入的烦琐方式。采用示教编程方式后，仅需工件实物即可快捷方便地完成编程。其适用于三维空间内任意曲线轨迹的涂胶和材料均匀涂布。机器人示教编程方式，使设备的操作更趋柔性化与智能化，并可以随意调用和修改涂胶程序。

经过查阅资料和现场应用总结，影响涂胶效果的因素有以下几点（图 12）：机械手的重复精度、运动速度、机械刚性、轨迹的特性、胶的状态、供胶系统的特性、控制系统的特性等。所以在设计涂胶机器人时，必须把所有的问题分析透彻，才有可能设计出好用的产品。

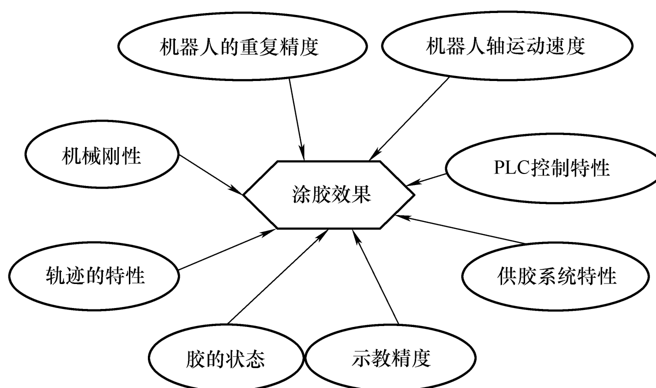


图 12　影响涂胶效果的因素

（2）干胶气泡的预防　涂胶自动线经历安装调试、TTO、PP 和 MP，系统程序不断完善，故障率不断

下降。截至 11 月统计发现，干胶和气泡造成的停台占总停台 48%（图 13）。

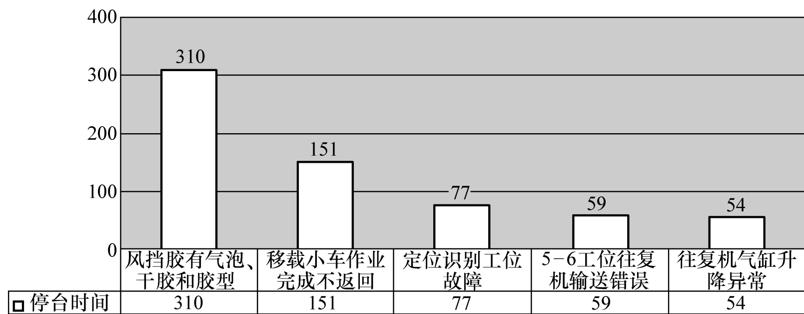


图 13　涂胶机停台统计表

干胶和气泡主要有五个来源（图 14）：

1）胶桶—胶的质量问题，所选胶为汉高 TEROSTAT－8690MM 玻璃黏结剂。可以对比该批次胶的合格证、粘度等性能参数指标，确定胶的问题；制作“把腰”，缩短胶桶更换时间，减少密封胶固结。

2）压盘—每次换桶需要清理压盘表面附着的氧化干胶，可能有残留。制作专用刮胶板，要求尽可能全部清除压盘表面附着的氧化干胶。

3）齿轮泵—干胶从入口进入齿轮泵附着，有一套备用，两套设备定期更换使用，提高使用率。

4）加热胶管—管道不加热，胶会凝固，并附着管道形成干胶，需定期更换。制订点检计划，定期测量胶管内部电阻丝的电阻值，及时发现损坏胶管。

5）旋转胶枪—胶枪密封泄漏，混入空气，形成干胶。更换旋转胶枪密封组件、管接头处缠生料带等措施，干胶和气泡问题已得到控制，但仍需继续监视控制。

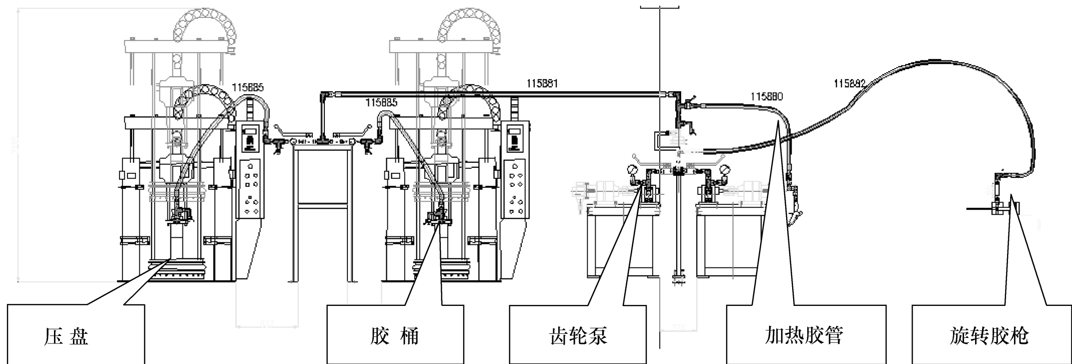


图 14　供胶系统原理

（3）风挡定位识别错误的解决　涂胶自动线需要适应多种车型混流生产，提高生产效率，随之而来的就是风挡定位识别错误的问题、原因及解决措施：

1）风挡玻璃方向放反。通过设置光电开关检测玻璃方向，防止反向玻璃进入自动涂胶线。

2）玻璃宽度与长度差异。如果尺寸差异在一定范围内，可以通过调整风挡类型判别的参数范围，消除识别错误问题；如果尺寸差异太大，需要更换玻璃批次。

3）对中夹具松动窜动。通过定期检查紧固螺栓状态、标识夹具位置，定期润滑齿轮齿条传动机构等措施，加强设备常态化管理，消除机械误差。

4）可读行程气缸数据传输错误。可读行程气缸损坏、高速计数模块损坏、线路插头松动等情况都会使得数据丢失、数据传输错误，导致识别错误。

5）真空吸盘吸附玻璃异常。玻璃一般是弯夹层玻璃，由平板玻璃加热软化后靠自重在模具中成型；再经退火制成的曲面玻璃因此对模具的一致性要求较高。另外，玻璃冷却后的回弹量不可控，造成玻璃的曲率不一致，以及真空吸盘吸附状态不良。通过调整吸盘的姿态、高度、压力等因素消除吸附异常问题。

6 结束语

针对自动线设备发生的问题，通过改造机械结构、改进电气程序、优化工作顺序、组织设备培训、强化科学的设备管理，以及制订定期定量点检保全计划和设备突发故障应急预案，可规避重大设备停台，保证了设备开动率，消除了对生产和质量的不良影响。

润滑经济的一次成功实践

顾永其

（200240　上海电气电站设备有限公司上海汽轮机厂）

提　要：主要选择某型5m数控龙门铣的一次治漏实践，说明数控机床设备治漏问题的新发展，以引起设备维修工作者的重视，起到一个抛砖引玉的作用。

关键词：设备治漏　冷却液

1　引言

维修人员经常碰到的设备治漏，通常是指机床设备漏油后，进行整治。机床漏油是机械加工设备、液压设备等普遍存在的缺陷，卧式机床设备漏油主要表现为：油管接头松动或脱落；密封圈老化、变形；回油路回油不畅；机床内部泄漏等原因引起的漏油，可简单归纳为是机床本身结构引发的漏油。

而随着数控机床的不断普及，除了跟传统机床漏油的情况相似之外，因机床结构、机床性能和加工工艺等的需要，运用了水溶（油）性冷却液作为提高刀具使用寿命和加工精度的主要载体。随之带来的治漏问题也得到扩展和引申，主要表现有：因工作台结合面、台面固定螺栓孔、台面与罩壳接触面不密封、罩壳变形或损坏、内冷却系统旋转接头不密封；冷却液回液槽（孔）不通畅等原因，引发冷却液漏到机床导轨面，直至漏进主油箱，使油箱油质变差，引起液压系统故障频发，影响了设备的正常工作，最终导致机床无谓停机、更换附件、更换油品等。本文主要选择某型5m数控龙门铣的一次治漏实践，说明数控机床设备治漏问题的新发展，以引起设备维修工作者的重视，起一个抛砖引玉的作用。

2　机床情况

该机床工作台面宽5000mm，总长17000mm，台面由两块各长8500mm台面拼接而成，由于机床本身的特点，自2005年5月开始正常使用以来，油箱中经常混入冷却液，使油品粘度下降，造成机床故障频发，不能正常工作，至使溢流阀、电磁阀、液压泵等附件损坏严重，频繁换件、换油。

3　原因分析

在机床平时的正常运行过程中，由于工作台中分面、工作台与罩壳接合面、工作台联接螺栓孔等密封不好，冷却液回路不通畅等原因，造成冷却液通过罩壳等接合面渗漏到导轨油池，最后回入大油箱，使油箱油品变质，如图1～图6所示。

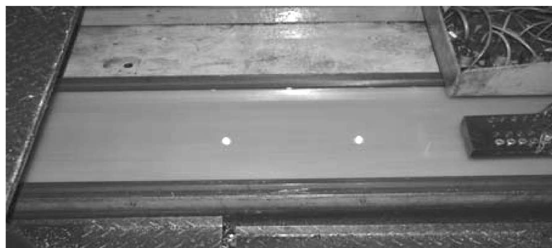


图1　导轨回油槽



图 2　工作台结合面

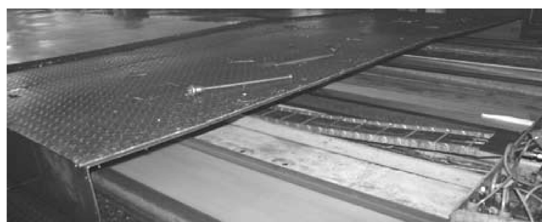


图 3　罩壳与工作台结合面



图 4　冷却液回液槽



图 5　工作台结合面



图 6　工作台联接螺栓孔

4　主要做法

主修师傅们针对机床经常发生的漏油难题，同其他维修技术人员、维修工人反复商讨，从以往多次维修中总结经验教训，在找准漏油结症以后，决定进行一次彻底的清理、维修和改造。

他们先把工作台中分面、工作台与罩壳接合面拆开，用刮刀细心地将中分面等原密封胶清除干净，再清除固定工作台的螺栓孔内、螺纹中的旧密封胶，做到一尘不染；清除导轨面变质的油品，并擦拭干净；然后将硅胶均匀有序地刷涂至各接触面，待硅胶在要干未干的最佳时机将接触面固定紧，然后清理、疏通工作台面冷却液回液槽，清洁回油池内的污垢，大油箱彻底清洗一次。

5　治漏结果

某型 5m 数控龙门铣治漏结果见表 1。

表 1　某型 5m 数控龙门铣治漏结果

名称	每月消耗量/只	每月停机时间/h	每月消耗油量/L	单价			每月花费金额/元	12 个月花费金额/元
				元/只	元/h	元/L		
溢流阀	12			2187			26244	314928
电磁阀	12			1515			18180	218160
润滑油			1200			23	27600	331200
机床停机		96			817		78432	941184
合计							150456	1805472

6　几点体会

1）机床漏油是设备治漏的一个常态问题，对不同的设备，采取的治漏方法也不尽相同。对于运用了水溶（油）性冷却液作为提高刀具使用寿命和加工精度的数控机床，一定要找准泄漏点，并采取有针对性的行之有效的治漏方法和治漏措施。

2）设备治漏工作的技术要求并不高，但一定要有用心查找漏油的原因，如数控镗铣床内冷却系统的旋转接头。由于位置比较特殊，要参考机床的结构原理图，分析透彻，做到心中有数后才对症下药，制订周密的维修方案。

3）数控设备治漏工作要做有心人，平时要善于总结工作中的碰到的经验教训；许多设备漏油有共同点，要求我们的维修技术人员和维修工人必须熟悉、了解设备构造、工作原理等基本的内容，这样操作起来才能得心应手。

4）在数控设备维修实践中，我们体会到：①数控设备液压系统的压力由原来的 1420MPa 提高到了 1735MPa，甚至达 40MPa。系统压力的升高，功率增大，液压泵的负荷必然越来越重，所以要求油品具有优良的抗磨性。②液压装置的高压、高速和小型化，使油品在液压系统中循环次数增加，油品在油箱中停留时间变短，油温增加，从 55℃提高到 80℃，所以要求油品有更好的热氧化安定性；同时油温的提升使油中溶解空气增多，因此，油品必须具有好的空气释放性。频繁的循环使泡沫的消失及水分的分离越来越困难，因此，油品还应该有好的消泡性和水解安定性。③电液伺服阀和比例电磁阀等引入液压系统，这些部件灵敏度高、结构复杂、配合间隙小、精密度高，因此要求液压油具有清洁度高和过滤性好的性能。

总之，正确使用并维护好润滑油，确保液压系统的油液清洁、减少油液污染、防止固体颗粒和水分进入液压系统，是有效提高设备精度、减少设备故障、减少换件损失和无谓停机及润滑经济性的成功体现。



上海宝欧工业自动化有限公司

Shanghai Baoom Industrial Automation Co., Ltd.

上海宝欧致力于石油行业自动化设备维修服务多年，为多家石油企业提供技术服务，我们以客户满意度为中心的服务宗旨，迅速反映、马上行动的服务作风，赢得了客户的首肯。我们拥有专业的精英团队，先进的技术水平，齐全的器件库，一流的测试平台，这些资源为我们的服务质量提供了有力的保障。











维修范围

- PLC系统、DCS系统中各类CPU板、通信板、I/O板等；
- 进口品牌高低压大功率变频器；
- 工控机；
- 水处理系统中的各类控制器。
- 继电保护及自动化装置；
- 电气、热控仪器仪表；
- 电气、热工保护装置；
- 各类监控系统。

主要维修品牌



SIEMENS











Honeywell

EMERSON Network Power

invensys

Schneider Electric

HMI（人机界面）：
Panelview系列

PLC:
Controllogix 系列；
Slc500、5000 系列；
Compactlogix 系列；

变频器：
Powerflex4/7系列

HMI（人机界面）：
OP系列、TP系列、MP系列、TD系列

PLC:
S5系列；
S7-200/300/400系列；

变频器：
G110系列；
MM420/430/440系列；
6ES70系列；

上海宝欧工业自动化有限公司

地址：上海市市北高新技术服务业园区58号5AF(10号楼)　邮编：200436

电话（总机）：+86 21 63186668 / 36532081 / 36532082 / 36532083 / 36532099　传真：总机转8004分机

24小时服务热线：15800778910　公司网址：www.baoom.cn　E-mail：baoom@baoom.cn

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导 工业技术/设备管理/维修改造

ISBN 978-7-111-44466-4

策划编辑◎沈红

ISBN 978-7-111-44466-4



定价：88.00元